

# DESENVOLUPAMENT D'UNA PLATAFORMA PEL CONTROL AMBIENTAL D'UNA NAU AVÍCOLA

Treball Final de Grau en Enginyeria  
Electrònica Industrial i Automàtica

**Francesc Borda Folch i Marc Garcia Calsina**

**Director del TFG: Fernando Guirado Fernández**

# AGRAÏMENTS

---

La finalització d'aquest projecte no és tant sols la realització d'un treball més sinó que és el punt i final d'una llarga etapa molt emocionant i important en la nostra vida. Per aquest motiu voldríem agrair a tothom que ha fet possible aquest llarg viatge.

Voldríem agrair la col·laboració indispensable del nostre tutor, Fernando Guirado, ja que sense la seva direcció i consells durant aquests mesos no hagués estat possible tirar endavant aquest projecte.

També voldríem agrair al professor Albert i al tècnic de laboratori Adolf per la seva col·laboració a l'hora de realitzar les plaques electròniques.

A més a més també voldríem agrair als amics que ens han acompanyat en totes les vivències al llarg d'aquests últims anys. En especial al nostre gran amic Oscar per la seva disposició a l'hora de subministrar-nos el material necessari per la realització del projecte.

Finalment, però no menys important, també agrair el suport obtingut per part de les nostres famílies ja que sense ells hagués estat tot més difícil.

# RESUM

---

El projecte descrit en aquesta memòria consisteix en el desenvolupament d'una plataforma pel control ambiental d'una nau avícola amb l'objectiu de poder controlar el benestar animal i tenir una idea de l'evolució dels diferents paràmetres ambientals al llarg del temps.

Per dur a terme aquest treball s'ha realitzat diversos estudis de mercat per definir els objectius principals on es volia arribar. També s'ha realitzat un estudi de les diferents possibilitats que presenta el mercat per realitzar aquest control. A més a més, també s'ha realitzat un disseny i la creació d'un prototip el qual s'instal·laria en l'interior de la nau amb la finalitat de recaptar totes les dades ambientals necessàries.

Aquest prototip està comunicat amb un servidor el qual emmagatzema les dades obtingudes i les processa per tal de fer-les arribar als clients. El mètode emprat per realitzar la tasca de visualització de les dades consisteix en una pàgina web on es poden consultar diverses gràfiques i taules. Apart de la pàgina web també hi ha implementat un sistema d'alarma que avisa de manera instantània al client si alguns dels paràmetres que es controlen assoleixen un valor preocupant pel benestar de l'animal.

A més a més de tot això aquest projecte també explica la programació que s'ha dut a terme per cadascun dels components per a poder assolir els objectius marcats.



# ÍNDEX DE CONTINGUTS

<b>0. ÍNDEX DE FIGURES .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>6</b>
1.1 INTRODUCCIÓ A L'INDUSTRIA AVÍCOLA .....	6
1.2 MOTIVACIÓ.....	11
1.3 EINES UTILITZADES.....	11
<b>2. ESTAT DE L'ART .....</b>	<b>12</b>
2.1 PRODUCTES COMERCIALS.....	12
2.2 COMPARATIVA DELS PRODUCTES DEL MERCAT AMB LA PROPOSTA DESENVOLUPADA AL TREBALL DE FI DE GRAU .....	13
<b>3. OBJECTIUS.....</b>	<b>16</b>
3.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE .....	16
3.2 PLANIFICACIÓ TEMPORAL .....	17
<b>4. ANÀLISI I SELECCIÓ DELS COMPONENTS .....</b>	<b>19</b>
4.1 SENSORS .....	19
4.1.1 Sensor de temperatura i humitat.....	19
4.1.2 Sensors d'il·luminació .....	23
4.1.3 Sensors de concentració de gasos.....	24
4.1.4 Selecció de components.....	26
4.2 MICROCONTROLADORS .....	27
4.2.1 BeagleBone .....	27
4.2.2 Raspberry Pi model 2B .....	28
4.2.3 Arduino Mega .....	28
4.2.4 Arduino Uno.....	29
4.2.5 Arduino Pro Micro.....	30
4.2.6 Arduino Nano.....	30
4.2.7 Selecció del microcontrolador.....	31
4.3 SISTEMES DE COMUNICACIÓ .....	32
4.3.1 Mòdul de radiofreqüència Xbee.....	32
4.3.2 Mòdul de radiofreqüència APC-220.....	34
4.3.3 Selecció del sistema de comunicació .....	34
<b>5. PART PRÀCTICA DEL PROJECTE.....</b>	<b>36</b>
5.1 COMPONENTS DEL PROTOTIP FUNCIONAL.....	39
5.1.1 Arduino Pro Micro.....	40
5.1.2 Sensor de temperatura i humitat DHT22.....	40
5.1.3 Sensor d'il·luminació BH1750 .....	41
5.1.4 Sensor de concentració de gasos MQ-135.....	42
5.1.5 Regulador de tensió LM1117 i condensadors .....	43
5.1.6 Mòdul Xbee PRO S1.....	43
5.1.7 Interruptor DIP 3 vies ("switch").....	44
5.2 DISSENY I CREACIÓ PLAQUES PCB.....	44



5.3 CONSUM DEL PROTOTIP .....	53
5.4 COMPONENTS PART DEL PROCESSAMENT DE DADES.....	54
5.4.1 <i>Raspberry Pi</i> .....	55
5.4.2 <i>Mòdul Xbee PRO S1</i> .....	55
5.5 CONSUM RASPBERRY - SERVIDOR .....	56
5.6 PROGRAMACIÓ DEL MÒDUL DE SENSOR I DEL SERVIDOR .....	57
5.5.1 <i>Programació del Arduino</i> .....	57
5.5.2 <i>Programació de la Raspberry</i> .....	58
5.6 ENTORN WEB .....	58
5.6.1 <i>Navegació pel directori web</i> .....	59
<b>6. PROVES DE CAMP .....</b>	<b>65</b>
6.1 EMPLAÇAMENT DE L'EXPLOTACIÓ AVÍCOLA .....	65
6.2 RESULTATS PROVES DE CAMP .....	66
<b>7. PRESSUPOST .....</b>	<b>69</b>
7.1 COST DELS COMPONENTS.....	69
7.1.1 <i>Prototip funcional - CLIENT</i> .....	69
7.1.2 <i>Part del processament de dades - SERVIDOR</i> .....	70
7.1.3 <i>Cost total dels components</i> .....	70
7.2 COST DE L'ENGINYERIA .....	70
7.3 RESUM TOTAL DELS COSTOS.....	72
<b>8. CONCLUSIONS I TREBALL FUTUR .....</b>	<b>73</b>
8.1 CONCLUSIONS .....	73
8.2 TREBALL FUTUR.....	74
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>75</b>
<b>10. ANNEXES.....</b>	<b>78</b>
10.1 DATASHEET SENSOR MQ135 .....	78
10.2 DATASHEET SENSOR DHT22 .....	80
10.3 DATASHEET MÒDUL XBEE .....	83
10.4 DATASHEET SENSOR BH1750 .....	85



## 0. ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1: Distribució de la producció de carn d'aus per Comunitats Autònomes .....	6
Figura 2: Taula evolució de la temperatura respecte al creixement dels pollastres .....	8
Figura 3: Taula evolució de la humitat i temperatura respecte al creixement dels pollastres .....	8
Figura 4: Taula relació d'hores de claror i fosc respecte el creixement dels pollastres .....	9
Figura 5: Taula dels diferents danys que provocar l'amoníac segons la seva concentració .....	10
Figura 6: Gràfic dels diferents paràmetres idonis pel benestar animal .....	10
Figura 7: Dispositiu principal de les instal·lacions d'automatització de l'empresa New Farms .....	12
Figura 8: Distribució dels sensors d'un model d'automatització de l'empresa Agrener .....	13
Figura 9: Taula comparativa entre diferents propostes .....	14
Figura 10: Gantt de la planificació inicial del projecte .....	17
Figura 11: Gantt de la planificació final del projecte .....	18
Figura 12: Sensor de temperatura DS18B20 .....	19
Figura 13: Sensor de humitat HIH-4000-002 .....	20
Figura 14: Sensor de temperatura i humitat SHT-75 .....	21
Figura 15: Sensor de temperatura i humitat DHT11 .....	21
Figura 16: Sensor de temperatura i humitat DHT22 .....	22
Figura 17: Sensor de temperatura i humitat HC2S3 .....	23
Figura 18: Sensor d'il·luminació LDR .....	23
Figura 19: Sensor d'il·luminació BH1750 .....	24
Figura 20: Sensor d'il·luminació TSL237 .....	24
Figura 21: Sensor de concentració de gas MQ135 .....	25
Figura 22: Sensor de concentració de gas MG881 .....	26
Figura 23: Taula dels diferents sensors .....	26
Figura 24: BeagleBone .....	28
Figura 25: Raspberry Pi model 2B .....	28
Figura 26: Arduino Mega .....	29
Figura 27: Arduino UNO .....	29
Figura 28: Arduino Pro Micro .....	30
Figura 29: Arduino Nano .....	31
Figura 30: Taula dels diferents microcontroladors .....	31
Figura 31: Mòdul de radiofreqüència Xbee PRO S1 .....	33



Figura 32: Mòdul de radiofreqüència APC-220 .....	34
Figura 33: Taula dels diferents mòduls de radiofreqüència .....	34
Figura 34: Diagrama de flux del funcionament Servidor .....	37
Figura 35: Diagrama de flux del funcionament del Client .....	37
Figura 36: Diagrama de flux de la part pràctica .....	38
Figura 37: Esquemàtic del prototip a la protoboard .....	39
Figura 38: Arduino Pro Micro amb les connexions de cada pin .....	40
Figura 39: Sensor de temperatura DHT22 amb adaptador incorporat i les seves connexions .....	41
Figura 40: Sensor d'il·luminació BH1750 amb les seves connexions .....	41
Figura 41: Taula dels modes de resolució que pot adoptar el sensor BH1750 .....	42
Figura 42: Sensor de concentració de gas i les seves connexions .....	42
Figura 43: Regulador de tensió LM1117 i les seves connexions .....	43
Figura 44: Mòdul Xbee PRO S1 amb les seves connexions necessàries .....	43
Figura 45: Interruptor DIP 3 vies .....	44
Figura 46: Connexions utilitzades de l'Arduino PRO Micro S1 .....	45
Figura 47: Connexions utilitzades dels sensors DHT22, BH1750 i MQ135 .....	45
Figura 48: Disseny del circuit regulador de tensió .....	46
Figura 49: Connexions utilitzades del mòdul de radiofreqüència Xbee PRO S1 .....	46
Figura 50: Circuit i connexions de l'interruptor DIP 3 vies .....	47
Figura 51: Llista de les empremtes assignades als diferents component amb el programa KiCad .....	47
Figura 52: Disseny de la placa PCB amb el programa KiCad .....	48
Figura 53: Disseny final de la placa PCB en 3D de les dues cares .....	49
Figura 54: Disseny final de la placa PCB abans de ser impresa .....	49
Figura 55: Impressió del circuit a la placa PCB amb la insoladora .....	50
Figura 56: Estat de la placa després de ser submergida en la dissolució d'aigua i sosa càustica .....	50
Figura 57: Plaques submergides amb àcid atacador en format líquid .....	51
Figura 58: Resultat final de la placa PCB abans de ser foradades .....	51
Figura 59: Procés de foradament de les plaques .....	52
Figura 60: Resultat final de la placa PCB amb tots els seus components .....	52
Figura 61: Procés del càlcul del consum del prototip .....	53
Figura 62: Taula del consum del prototip .....	54
Figura 63: Esquemàtic de la part del processament de dades .....	55
Figura 64: Adaptador pel mòdul Xbee PRO S1 .....	56



Figura 65: Taula del consum del Servidor .....	56
Figura 66: Gràfic amb la regressió de punts del sensor MQ135 .....	57
Figura 67: Part del codi Python on s'inicialitza la pàgina web .....	59
Figura 68: Pàgina inicial de l'entorn web.....	60
Figura 69: Menú principal de la pàgina web.....	60
Figura 70: Opció historial de dades .....	61
Figura 71: Pàgina on es pot triar un dia i mòdul en concret.....	61
Figura 72: Mostra d'una taula de dades.....	62
Figura 73: Opció gràfics de dades.....	62
Figura 74: Mostra de gràfics en viu .....	63
Figura 75: Pàgina on es tria un rang de dies i mòdul concret pel gràfic .....	63
Figura 76: Mostra d'un gràfic en un rang de dates determinat.....	64
Figura 77: Pàgina on es mostren les dades dels autors de la web .....	64
Figura 78: Situació de l'explotació avícola .....	65
Figura 79: Imatge de la col·locació del prototip dins la nau.....	65
Figura 80: Taula de diferents valors de prova obtinguts.....	66
Figura 81: Taula dels valors del dia 14/06/2017 .....	67
Figura 82: Gràfic dels valors del dia 13 i 14 de Juny.....	67
Figura 83: Correus d'alerta rebuts.....	68
Figura 84: Cost del material del prototip funcional .....	70
Figura 85: Cost del material de la part del processament de dades.....	70
Figura 86: Cost total dels components del projecte .....	70
Figura 87: Costos desglossats de l'enginyeria.....	71
Figura 88: Cost total de l'enginyeria.....	72
Figura 89: Cost total del projecte .....	72



# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1 Introducció a l'indústria avícola

El sector avícola té un gran impacte en la producció pecuària del país. Actualment aporta més de la meitat d'aquesta producció ja que la situació econòmica ho afavoreix perquè es tracta d'un aliment sa, nutritiu i amb un preu assequible per la majoria de la població. La carn d'au representa el 20% de la quantitat total de carn produïda, solament superada per la carn porcina.

Espanya ocupa un paper important dins del context avícola del continent Europeu. A principis dels anys 90 va assolir una mitjana d'uns 26 milions de caps de pollastres. Ja recentment, les últimes previsions sobre la producció de carn de pollastre per Espanya, segons la Comissió Europea, és d'1.5 milions de tones. Aquest valor actualment està a l'alça ja que suposa un increment del 4.5% sobre l'any anterior. Tota aquesta producció fa que la demanda interna de consum de carn de pollastre estigui pràcticament coberta.

Pel que fa Catalunya, en dades de l'any 2015 va ser la primera Comunitat Autònoma productora de carn de pollastre amb casi un 25% del total de carn de pollastre de l'Estat Espanyol i la tercera en importància en la producció d'ou de consum. En el següent gràfic es pot observar la distribució de la producció de carn d'au per Comunitats Autònomes:

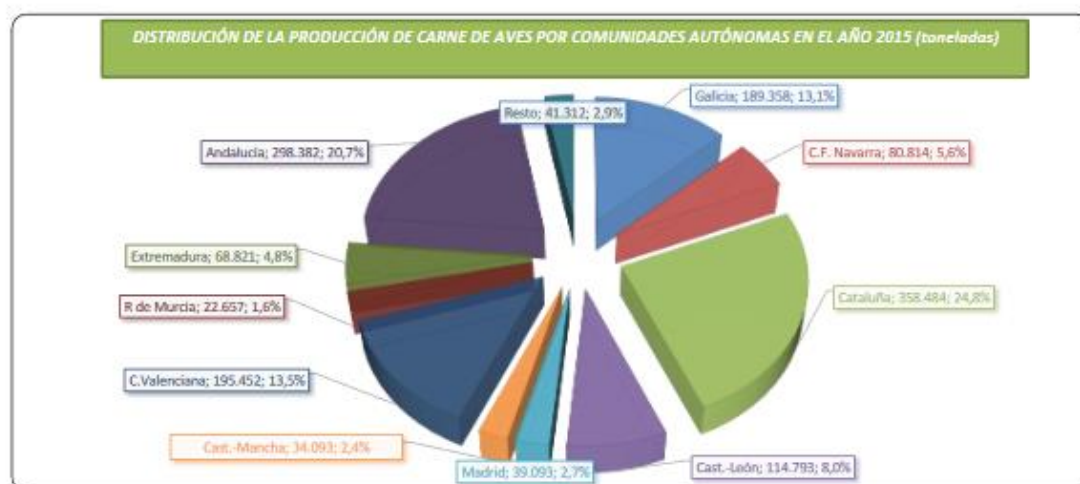


Figura 1: Distribució de la producció de carn d'aus per Comunitats Autònomes

En el sector avícola es pot diferenciar entre dos tipus d'explotacions diferents com són l'avicultura de carn i l'avicultura de posta d'ous. La primera consisteix en la cria i engreix de les aus amb la finalitat de sacrificar els animals pel consum de la seva carn. La segona explotació es basa en la producció d'ous pel consum de la població.



Pel que fa l'elaboració d'aquest projecte s'ha basat en una explotació de carn de pollastre. En aquest àmbit és molt important el benestar animal ja que d'això depèn la producció i la qualitat del producte final. D'aquesta manera, com més qualitat tingui el producte d'una explotació i més rendiment se'n pugui generar, més beneficis es podran obtenir.

Els animals del sector avícola, més concretament els pollastres, necessiten un control estricte de l'habitat on viuen ja que són uns animals sensibles i una mala gestió de l'ambient de dins de la granja pot ser molt perjudicial per la salut dels animals. Controlant els paràmetres ambientals bàsics es minimitza la mortalitat entre els animals i alhora també es garanteix un òptim ambient de treball pels treballadors. A més a més, un bon control de les dades ambientals també pot ser la manera d'identificar l'origen de possibles futurs problemes de salut que puguin tenir un mateix lot de pollastres.

Per tal de poder gestionar correctament l'habitat on viuen s'han de tenir molt en compte els següents paràmetres ambientals:

- **TEMPERATURA**

La temperatura corporal d'un pollastre s'ha de mantenir el més estable possible perquè l'evolució de l'animal sigui la més idònia. Depenent de l'edat del pollastre, aquest és capaç d'autoregular la seva temperatura corporal gestionant la seva activitat. Per aquest motiu si la temperatura és inferior a la recomanada els animals es mostraran més actius, i per contra, si la temperatura és massa elevada, les aus són capaces d'eliminar una certa quantitat d'escalfor a traves de la seva respiració.

Però aquesta capacitat que tenen els pollastres adults d'autoregular-se no la tenen els pollets recent nascuts pel qual la climatització de la nau ha de satisfer les necessitats dels animals en cadascun dels seus períodes de vida. A mesura que els pollets desenvolupen el seu plomatge, la temperatura en la que s'ha de mantenir la nau es va reduint. En la següent taula es pot observar l'evolució que ha de tenir la temperatura al llarg del període de creixement d'un pollastre:

EDAT	SITUACIÓ DEL PLOMATGE	Tº AMBIENT ÒPTIMA
<b>0 a 3 dies</b>	Plomissol	33 a 31 °C
<b>3 a 7 dies</b>	Plomissol i inici de plomatge a les ales	32 a 30 °C
<b>7 a 14 dies</b>	Plomissol i plomatge a les ales	30 a 28 °C
<b>14 a 21 dies</b>	Plomatge a les ales i esquena	28 a 26 °C
<b>21 a 28 dies</b>	Plomatge a les ales, esquena i quilla	26 a 23 °C
<b>28 a 35 dies</b>	Plomatge a les ales, esquena, quilla i coll	23 a 20 °C

més de 35 dies

Plomatge definitiu

20 °C

Figura 2: Taula evolució de la temperatura respecte al creixement dels pollastres

El paràmetre de la temperatura adquireix una gran importància durant els mesos de l'any on fa més calor ja que una elevada temperatura, juntament amb l'estrès de l'animal, pot provocar un cop de calor i afectar de manera notable la mortalitat dels animals en una nau avícola i, en conseqüència, reduir els beneficis finals del granger.

#### - HUMITAT

Aquest també és un paràmetre rellevant en el creixement d'un pollet i està fortament relacionat amb la temperatura ja que una humitat inadequada juntament amb una temperatura fora del rang recomanat pot afectar molt negativament en la salut de l'animal.

El valor idoni de la humitat dins d'una nau avícola, a l'igual que la temperatura, també varia al llarg de la vida del animal encara que si la temperatura es manté en els valors adequats en cada etapa de la vida, la humitat s'ha de mantenir a un valor força constant com es pot observar en la següent taula:

EDAT	Tº AMBIENT ÒPTIMA	HUMITAT RELATIVA
<b>0 a 3 dies</b>	33 a 31 °C	65 - 70 %
<b>3 a 7 dies</b>	32 a 30 °C	65 - 70 %
<b>7 a 14 dies</b>	30 a 28 °C	65 - 70 %
<b>14 a 21 dies</b>	28 a 26 °C	60 - 70 %
<b>21 a 28 dies</b>	26 a 23 °C	60 - 70 %
<b>28 a 35 dies</b>	23 a 20 °C	60 - 70 %
<b>més de 35 dies</b>	20 °C	60 - 70 %

Figura 3: Taula evolució de la humitat i temperatura respecte al creixement dels pollastres

Quan el pollet acaba de arribar a la granja s'ha de mantenir a una temperatura i humitat elevada ja que són unes condicions que s'aproximen més a una incubadora, que és on es trobaven abans d'arribar a la nau i d'aquesta manera el canvi ambiental el poden suportar millor. Per contra, quan ja tenen uns dies més de vida, una humitat massa elevada juntament amb una temperatura una mica més baixa de la recomanada augmenta la sensació de fred, una cosa perjudicial per l'animal. Per tant, un valor inadequat de la humitat pot variar notablement la sensació de fred o de calor i afectar al benestar del pollastre.



## - IL·LUMINACIÓ

La il·luminació és un factor molt important en la cria de pollastres. La naturalesa d'aquests animals els hi diu que quan hi ha llum (tant natural com artificial) és hora d'alimentar-se. Per aquest motiu, controlant la il·luminació de la nau es pot controlar els períodes d'ingesta dels animals ja que a més hores de llum, més aliment menjaran els animals i, per conseqüència, més creixeran al llarg de la seva estància a la nau.

El sistema tradicional de subministrament lumínic en una nau avícola ha estat la il·luminació contínua durant uns períodes llargs de temps seguits d'un període relativament curt de foscor. D'aquesta manera es busca que l'animal guanyi el màxim de pes possible i tingui un període breu de descans abans de tornar a alimentar-se. Una de les possibles distribucions d'hores de claror/foscor es pot observar en la següent taula:

EDAT	HORES LLUM / FOSCOR	INTENSITAT MÍNIMA
<b>0 a 7 dies</b>	23 / 1	30 - 40 lux
<b>7 a 21 dies</b>	16 / 8	30 lux
<b>21 a 28 dies</b>	18 / 6	20 - 30 lux
<b>28 a sacrifici</b>	23 / 1	20 lux

Figura 4: Taula relació d'hores de claror i foscor respecte el creixement dels pollastres

És important garantir un mínim de temps de descans pels pollastres per tal de poder compaginar un òptim creixement de l'animal amb el menor estrès possible ja que si l'estrès és massa elevat, pot afectar negativament en el creixement del pollastre o fins i tot arribar a provocar la mort del animal.

## - VENTILACIÓ

La ventilació d'una nau avícola és molt important en el creixement dels pollastres ja que intervé en dos punts molt rellevants com són el subministrament d'oxigen als animals i la evacuació de gasos nocius que es generen per l'evaporació i fermentació de la brutícia que es troba al terra i altres partícules que puguin estar flotant en l'ambient ja que podrien provocar problemes de respiració a les aus.

Alguns dels gasos nocius més importants que es generen dins d'una nau avícola són el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i l'amoníac (NH<sub>3</sub>). Una concentració elevada d'aquests gasos pot generar greus problemes en la salut dels pollastres i en un cas extrem, també podria afectar a la salut dels treballadors de la nau. Pel que fa el gas diòxid de carboni és un paràmetre que s'ha de vigilar

perquè dins una nau pot augmentar bastant. El nivell de concentració, segons el Real Decret, no pot sobre passar mai els 3000 ppm, és a dir, el 0.3%.

Pel que fa l'amoníac, també segons el Real Decret, no pot passar d'una concentració de 20 ppm. Alguns dels efectes que podria provocar segons el nivell de concentració en l'ambient es poden observar en la següent taula:

CONCENTRACIÓ	EFFECTES
10 - 20 ppm	Comença a olorar i pot afectar a les cèl·lules respiratòries
20 - 25 ppm	Augmenta la possibilitat de tenir una malaltia vírica
30 - 40 ppm	Lesions oculars als pollastres i afectació al pes
50 - 60 ppm	Trastorns oculars i reducció del creixement
200 ppm	Lesions series pulmonars i clara afectació del creixement

Figura 5: Taula dels diferents danys que provocar l'amoníac segons la seva concentració

El sistema de ventilació d'una nau es basa en agafar aire fresc per una de les finestres (o per un sistema de ventilació forçat) i fer-lo sortir per les obertures que es situen al sostre. D'aquesta manera l'aire s'endú totes les imperfeccions de l'ambient i regenera l'atmosfera de l'interior subministrant aire nou i de més bona qualitat. Dit això, també s'ha de tenir en compte que els pollastres són molt sensibles a les corrents d'aire ja que molts dels problemes respiratoris que poden patir es deuen a això. Per tant, s'ha de procurar que la ventilació sigui el suficientment forta perquè restauri tot l'aire interior de la nau sense deixar zones amb un mal ambient però que alhora no afecti la salut del pollastre.

En la següent gràfica es pot observar tots els valors límits i òptims comentats fins ara de una manera més clara:

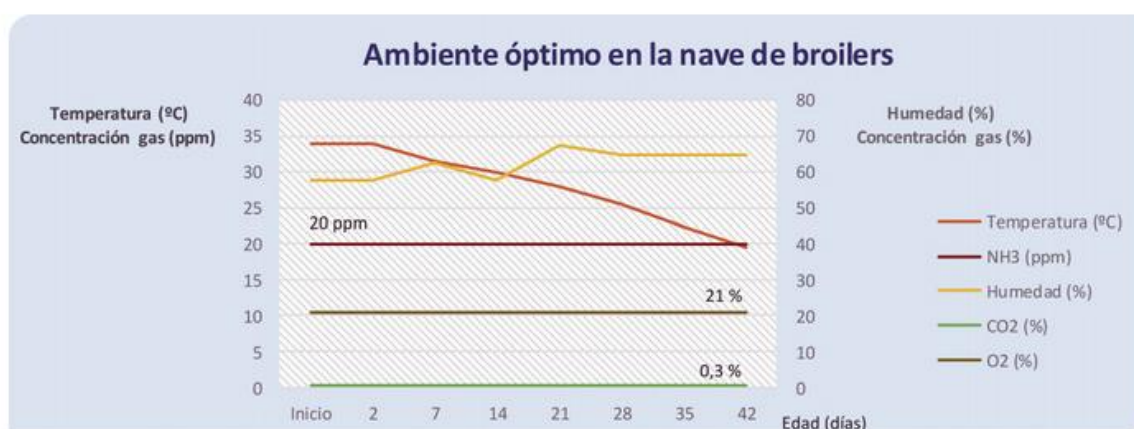


Figura 6: Gràfic dels diferents paràmetres idonis pel benestar animal



## **1.2 Motivació**

El principal motiu pel que s'ha realitzar aquest projecte va ser la possibilitat de crear una plataforma que pugues ajudar a un sector important pel consum de la societat. D'aquesta manera es podria aconseguir que els paràmetres més importants per la cria dels pollastres estigués més controlat i facilités la feina del granger ja que amb la implementació d'aquest projecte es podria tenir molt més controlat les condicions de la nau on es troben els pollastres i garantir un benestar òptim sense la necessitat de estar present a la granja les 24 hores del dia.

El control d'aquests paràmetres és un punt molt important durant la estada dels pollastres a la nau i la seva regulació pot ser un problema que ha pogut augmentar davant la massificació d'algunes explotacions de carn de pollastres perquè és més difícil mantenir un control de la salut de cadascun dels animals ja que en cada granja n'hi poden haver milers.

A més a més, una altra motivació per la realització d'aquest projecte ha estat que a la llarga i estudiant l'evolució de les dades que s'han anat recaptant es pugui millorar la producció i la qualitat del producte final i conseqüentment, també incrementar els beneficis del propietari de l'explotació avícola.

## **1.3 Eines utilitzades**

Per a la realització d'aquest projecte s'ha utilitzat els següents programes:

- Arduino IDE versió 1.8.1: entorn de programació en C per pujar els sketchs als diferents microcontroladors.
- Fritzing versió 0.9.3: programa pel disseny de l'esquema elèctric.
- KiCad versió 4.0.6: programa pel disseny de circuits elèctrics i creació del disseny de la placa PCB.
- Atom versió 1.17.0: editor de text pel desenvolupament dels diferents codis de la Raspberry.
- Consola de la Raspberry per l'execució dels diferents programes dins de la Raspberry.
- Microsoft Office Word versió 2016: editor de text per la realització de la memòria del projecte.
- OpenProj versió 1.4: programa per la realització del disseny dels Gantt.
- GoConqr: programa online per realitzar el diagrama de flux del funcionament de la part pràctica del projecte.
- HP USB Disk Storage Format Tool: programa per gravar el Sistema Operatiu de la Raspberry a la targeta MicroSD.

## 2. ESTAT DE L'ART

En el següent apartat es podrà observar un estudi dels diferents treballs existents sobre l'automatització de naus avícoles tant a nivell comercial o com a un nivell no professional. Per realitzar aquest estudi s'han buscat projectes que tinguin relació amb els objectius finals d'aquest treball.

### 2.1 Productes comercials

En el mercat professional es poden trobar diferents empreses que es dediquen íntegrament a l'automatització d'exploacions avícoles. Aquestes automatitzacions consisteixen en obtenir un control precís dels paràmetres més rellevants, com poden ser paràmetres ambientals o la dosificació de pinso i aigua, i a partir d'aquests actuar depenent de la necessitat en cada moment.

La majoria d'empreses, per realitzar aquesta tasca, utilitzen autòmats programables ja que són uns dispositius molt eficaços i resistents en ambients hostils. A més a més la seva programació ofereix una gran varietat de funcionalitats.

Algunes d'aquestes empreses a nivell català són les empreses Agrener i Tigsa, situades a Barcelona; l'empresa Agrogí, situada a Girona; i l'empresa New Farms, situada a Llardecans (Lleida).

L'empresa New Farms crea les seves instal·lacions governades pel següent dispositiu:



Figura 7: Dispositiu principal de les instal·lacions d'automatització de l'empresa New Farms

Amb aquesta eina s'obté un control precís del sistema de calefacció, ventilació i alimentació de una forma senzilla, amb una pantalla clara e intuïtiva on es poden visualitzar les principals dades.



Un altre exemple a nivell professional és l'automatització que ofereix l'empresa Agrener. En el següent esquema es pot observar la distribució dels diferents components per a la recaptació de dades per després poder actuar:

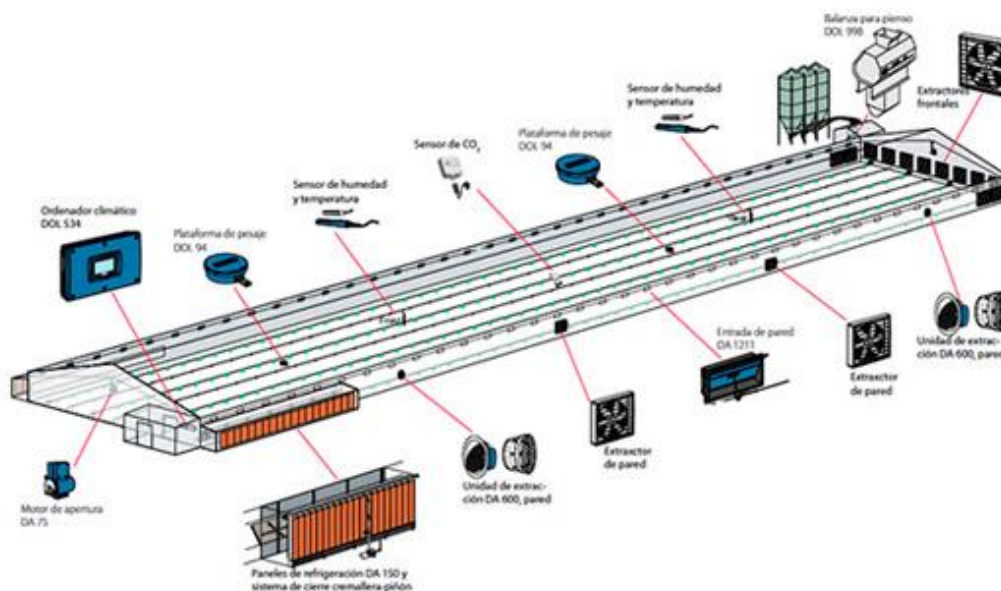


Figura 8: Distribució dels sensors d'un model d'automatització de l'empresa Agrener

Com es pot observar aquesta empresa utilitza un seguit de sensors per tal de controlar les dades ambientals com són la temperatura, humitat i la concentració de gasos nocius.

Pel que fa a nivell no professional, la majoria de projectes segueixen la mateixa línia explicada anteriorment. D'aquesta manera en l'automatització de les explotacions també es basen en un autòmat programable però no amb totes les funcionalitats que pot oferir un projecte professional.

A part de tot això, un altre sistema que ofereixen les empreses per tal de millorar l'habitat dels animals és la realització d'una reforma important en l'explotació canviant tot el sistema d'il·luminació, ventilació o tancaments. D'aquesta manera s'aconsegueix un millor confort dins la nau.

## **2.2 Comparativa dels productes del mercat amb la proposta desenvolupada al Treball de Fi de Grau**

L'objectiu d'aquest projecte no és l'automatització integral d'una explotació sinó tenir un control i una evolució al llarg del temps dels paràmetres ambientals més rellevants. Per aquest motiu en aquest projecte no s'utilitza un autòmat programable ja que no és necessari enviar ordres



per actuar. A més a més, aquests dispositius requereixen d'una inversió important que no és assumible per aquest projecte.

Per tenir una idea inicial, es realitza una taula comparativa amb els productes que ofereixen les empreses que s'han comentat en l'apartat anterior:

EMPRESA	FUNCIONAMENT DEL SISTEMA	DISPOSITIU PRINCIPAL	PARÀMETRES A CONTROLAR	VISUALITZACIÓ DE DADES
<b>NEW FARMS</b>	Automatització total de la nau per poder actuar sobre els diferents factors	Autòmat programable	-Temperatura -Humitat -Concentració de gasos -Alimentació dels animals	Pantalla incorporada al dispositiu principal
<b>AGRENER</b>	Automatització total de la nau per poder actuar sobre els diferents factors	Ordenador DOL 634 (similar a un autòmat)	-Temperatura -Humitat -Concentració de gasos nocius	Pantalla incorporada al dispositiu principal
<b>PROPOSTA TFG</b>	Control i obtenir una evolució dels diferents paràmetres	Microcontrolador	-Temperatura -Humitat -Il·luminació -Concentració de gasos nocius	Pàgina web

Figura 9: Taula comparativa entre diferents propostes

Tant els projectes professionals com aquest projecte avaluen aproximadament els mateixos paràmetres ambientals com són la temperatura, humitat, il·luminació i la concentració de gasos nocius. A diferència que la majoria de projectes professional, aquest projecte té la possibilitat de poder visualitzar les dades mitjançant una pàgina web. En canvi als projectes professionals només es poden visualitzar les dades mitjançant una pantalla situada a l'explotació ja que està incorporada al dispositiu principal de control.

Un altra avantatge del projecte proposat en aquesta memòria és que es poden instal·lar un nombre elevat de dispositius on es troben els diferents sensors i anar afegint-los després sense necessitat de variar en excés el funcionament principal. Així es pot tenir un control més exhaustiu depenent de la necessitat que es tingui.

En aquest projecte tampoc s'ha considerat la possibilitat de realitzar una modificació dels sistemes ja existents ja que suposaria un elevat cost que no es podria assumir.

En resum, les comparatives principals entre els projectes que es poden trobar al mercat i la proposta realitzada en aquest projecte són les següents:



- 1- Els projectes professionals fan una automatització integral de la nau mentre que l'objectiu d'aquest és tenir un control i una evolució dels paràmetres ambientals més rellevants.
- 2- La majoria de projectes, tant els professionals com els no professionals, utilitzen un autòmat programable mentre que en aquest projecte s'ha declinat aquesta opció ja que no es vol actuar sobre les instal·lacions sinó només tenir un control.
- 3- Tant els projectes que es troben al mercat com aquest avaluen els mateixos paràmetres ambientals com són la temperatura, humitat, il·luminació i la concentració de gasos nocius.
- 4- Aquest projecte tindrà la possibilitat d'observar les dades obtingudes d'aquests paràmetres per mitjà d'una pàgina web mentre que la majoria de projectes del mercat no disposen d'aquesta possibilitat i per observar les dades utilitzen una pantalla situada a l'explotació, impedit d'aquesta manera visualitzar les dades a distància.
- 5- Molts dels projectes del mercat utilitzen la reforma de les instal·lacions ja existents per millorar la eficiència de la nau mentre que en aquest projecte no s'han tingut en compte.



## 3. OBJECTIUS

---

A continuació s'explicaran els diferents objectius que es volien assolir durant la realització del projecte i la temporització que es pretenia seguir i la que realment es va portar a terme ja que durant el transcurs del projecte la planificació inicial es va veure alterada per diferents motius.

### **3.1 Objectius del projecte**

L'objectiu principal d'aquest projecte és desenvolupar un sistema de control ambiental per a granges avícoles, basat en un model de sensors distribuïts amb un servidor que captarà i mostrarà les dades via web i notificarà al granger les alertes sobre l'estat del sistema. La comunicació entre els mòduls dels sensors i el servidor es farà de forma inalàmbrica.

Per tal de poder arribar a aquest objectiu principal es van fixar uns objectius els quals resumeixen tot el transcurs del treball. Aquests objectius són els següents:

- Estudi del benestar animal que es troba en una nau avícola amb la finalitat d'obtenir una evolució al llarg del temps tenint en compte quins són els paràmetres més rellevants per garantir una vida òptima dels animals.
- Estudi de mercat dels dispositius ja existents per poder definir un resultat que millori el benestar animal.
- Decisió dels paràmetres ambientals a tenir en compte com són la temperatura, humitat, il·luminació, concentració de gas CO<sub>2</sub> i concentració de gas amoníac.
- Elecció dels components necessàries per tal de controlar els paràmetres seleccionats.
- Disseny i creació d'un prototip real per demostrar la viabilitat del projecte.
- Desenvolupament de la part del processament de dades per analitzar-les, comparar-les, guardar les dades obtingudes dels diferents sensors i possibilitar la seva visualització.
- Posada en marxa del prototip per poder avaluar el seu funcionament correcte.
- Visualitzar les diferents dades obtingudes en una pàgina web amb diferents gràfics i taules.
- Realitzar un pressupost que s'acosti el més possible a la realitat.
- Proposar diferents treballs futurs que es puguin implementar en un futur per millorar aquest projecte.

## 3.2 Planificació temporal

Les principals tasques que s'han dut a terme en l'elaboració del projecte són les següents:

1. Plantejament i estructuració inicial del treball
2. Estudi viabilitat
  - 2.1. Recerca de projectes similars existents
  - 2.2. Possibles dispositius a utilitzar
3. Definir objectius
  - 3.1. Estudi dels possibles paràmetres a tenir en compte pel benestar animal
  - 3.2. Estudi i tria dels diferents sensors
  - 3.3. Decisió del cor de l'automatització
  - 3.4. Estudi i elecció de la transmissió de dades entre sensors
  - 3.5. Estudi del processament i transmissió de dades al client
4. Realització de la programació del codi
5. Prototip funcional
  - 5.1. Disseny prototip
  - 5.2. Creació plaques PCB
  - 5.3. Sistemes de seguretat del prototip
6. Anàlisis del funcionament del prototip final
7. Pressupost
8. Conclusions
9. Redactar projecte

Totes aquestes tasques inicialment es van planificar de la següent manera:

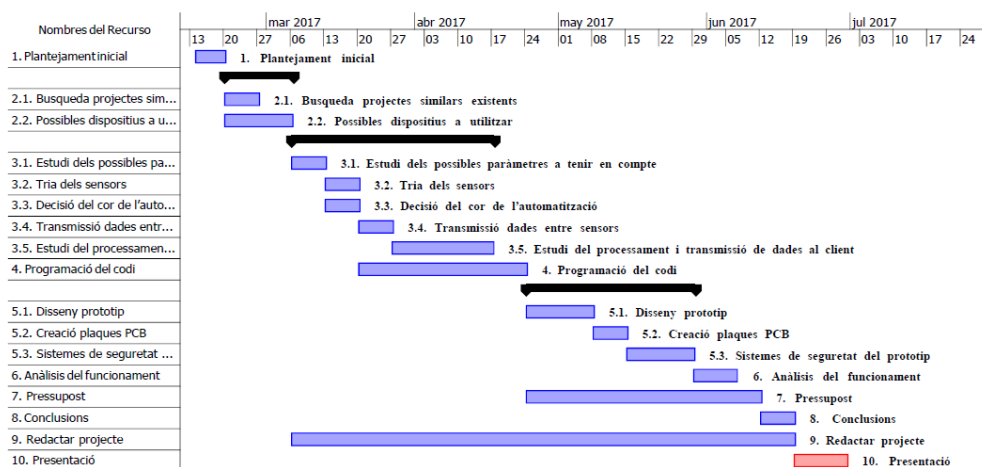


Figura 10: Gantt de la planificació inicial del projecte



Aquestes tasques s'han anat assolint sota la previsió inicial tot i que amb algunes excepcions. Primer de tot, la programació del codi s'ha allargat fins gairebé la finalització del projecte ja que el resultat final que es buscava ha anat variant per una millora del resultat.

A partir de la tasca del disseny del prototip i en concret el disseny de la placa PCB, la planificació s'ha modificat ja que per un seguit d'imprevists aquesta tasca s'ha allargat més del que estava estipulat inicialment. Una altra tasca que també ha patit canvis en la planificació inicial a la que realment ha estat és la redacció del projecte ja que al final es va optar per acabar tota la part pràctica i després realitzar la memòria.

Degut a tot això la planificació final del treball es veu reflectida en el Gantt següent:

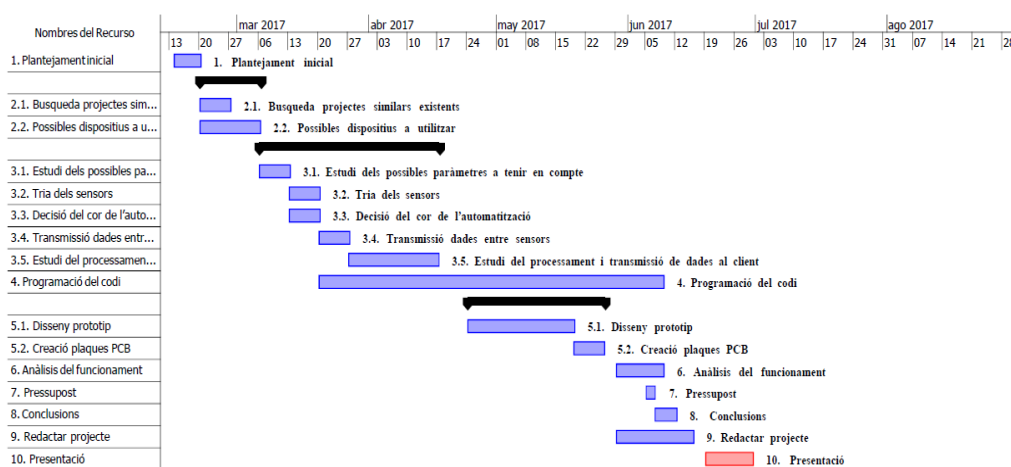


Figura 11: Gantt de la planificació final del projecte

## 4. ANÀLISI I SELECCIÓ DELS COMPONENTS

---

Tenint en compte els paràmetres escollits per tal de controlar l'ambient de dins d'una nau avícola i sabent la metodologia que es vol utilitzar en aquest projecte, s'ha realitzat un estudi de mercat d'algunes de les possibles solucions existents i s'ha triat la més adequada per cada cas tenint en compte les necessitats d'aquest projecte.

### **4.1 Sensors**

En primer lloc es realitzarà un anàlisi dels possibles sensors per tal de recollir les diferents dades ambientals corresponent als paràmetres mencionat en l'apartat d'objectius.

#### **4.1.1 Sensor de temperatura i humitat**

##### **- SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20**

Es tracta d'un sensor digital que te dos qualitats molt útils, per un costat disposa d'una versió encapsulada formada per un tub d'acer inoxidable amb un cablejat que permet el seu ús ha exteriors i inclús amb contacte amb líquids, i per l'altre costat utilitza un protocol anomenat 1-Wire que ens permet utilitzar varis sensors de forma simultània connectats al mateix pin de l'Arduino.

És un component d'altra precisió on el seu rang de temperatures avarca de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$  amb una precisió de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . El rang de funcionament és de 3 a 5.5V per la qual cosa es pot utilitzar pràcticament en qualsevol sistema que utilitzi microcontroladors. Aquest sensor té un consum d'1.5mA. També, una característica important és el temps de captura de dades ja que és inferior a 750ms. El seu preu és assequible.



Figura 12: Sensor de temperatura DS18B20

- **SENSOR D'HUMITAT HIH-4000-002**

El següent sensor està dissenyat específicament per usuaris de coneixement d'electrònica elevat. És un component que consta d'una senyal de voltatge analògica i que està recobert per una carcassa de plàstic termostable modelat.

Consta d'un camp de detecció del 100% amb una precisió de  $\pm 3.5\%$  amb un rang de temperatura de funcionament de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ . Pel que fa al voltatge, pot arribar a suportar de 4 a 5.8V, això ens diu que pot estar controlat per qualsevol microcontrolador. Aquest sensor el caracteritza el seu baix consum de subministrament ja que tant sols consumeix  $500\mu\text{A}$ . També consta d'un temps de resposta ràpid. Finalment, aquest producte consta d'un preu elevat.

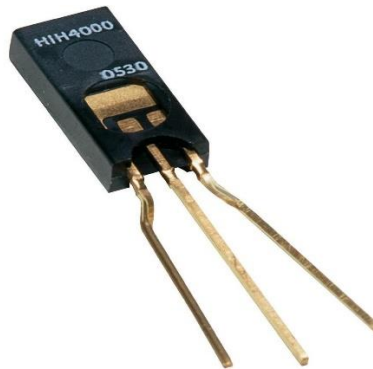


Figura 13: Sensor de humitat HIH-4000-002

- **SENSOR DE TEMPERATURA I HUMITAT SHT-75**

El SHT-75 mesura temperatura i humitat en un mateix encapsulat. Es tracta d'un sensor amb una senyal de voltatge analògica recobert d'un encapsulat compacte. Els usos més comuns per aquest component són: automoció, estacions meteorològiques, registre de dades, electrodomèstics i equips mèdics.

El seu rang de mesura de temperatura va des de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$  i el d'humitat és del 100%. La precisió del paràmetre temperatura és de  $\pm 0,3\%$ , en canvi de la humitat és de  $\pm 1.8\%$ . Pel que fa a la tensió d'alimentació pot arribar a suportar de 2.4 a 5.5V amb una corrent de subministrament d'1mA. Una característica important d'aquest sensor és que ja està completament calibrat. També té un temps de resposta ràpid ja que així agilitza molt l'obtenció de dades. Pel que fa al seu cost es pot dir que té un preu elevat.

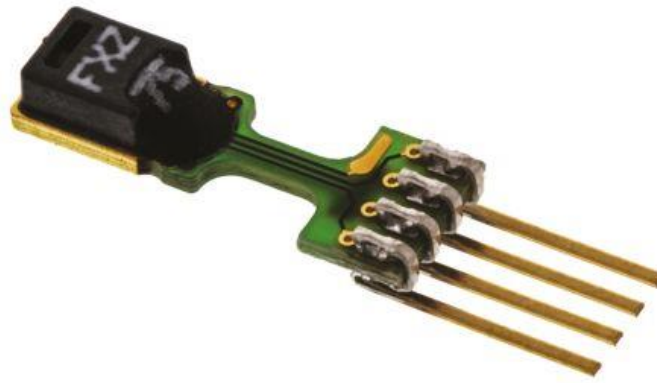


Figura 14: Sensor de temperatura i humitat SHT-75

#### - SENSOR DE TEMPERATURA I HUMITAT DHT11

Aquest sensor de temperatura i humitat consta d'un encapsulat senzill de color blau i d'una senyal completament digital. És un sensor bastant simple d'utilitzar, però requereix una correcta sincronització per la pressa de dades. Normalment s'utilitza per a petits projectes de formació o proves, ja que les seves característiques són molt limitades.

El seu rang de temperatura és de 0 a 50°C amb un  $\pm 2^\circ\text{C}$  d'exactitud i si es parla d'humitat està en un rang de 20% a 80% amb un 5% d'exactitud. El seu correcte funcionament està entre 3 i 5V amb una corrent màxima d'alimentació de 2.5mA. Aquest sensor disposa d'un processador intern que realitza el procés de mesura mitjançant una senyal digital, pel que resulta molt senzill obtenir les mesures des d'un microcontrolador. Un inconvenient d'aquest sensor és que només pot obtenir noves dades una vegada cada 2 segons, la qual cosa comporta que les lectures que es poden realitzar seran mínim cada 2 segons. Finalment, a causa de la senzillesa d'aquest sensor, el seu preu és molt assequible.

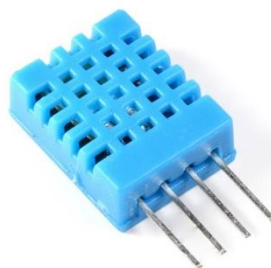


Figura 15: Sensor de temperatura i humitat DHT11

#### - SENSOR DE TEMPERATURA I HUMITAT DHT22

El següent sensor suposa una millora considerable del DHT11. El DHT22 consta d'un encapsulat de plàstic de color blanc. És un sensor modest, però ja serveix per una gran varietat de projectes



petits i semi professionals, sempre i quant no es requereixi una mesura constant n'hi mil·limètrica. Té una resolució decimal, és a dir, els valors tant de temperatura com d'humitat seran números amb una xifra decimal.

Pel que fa al rang de valors de temperatura van des de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$  amb una precisió de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . El seu temps de resposta és relativament baix, ja que tarda menys de 10 segons en reflectir un canvi de temperatura real a l'entorn. Si es parla del paràmetre d'humitat, té un rang de mesura del 0% a 99% amb una precisió de  $\pm 2\%$ . Al parlar del temps d'obtenció de dades es pot dir que és molt baix ja que tarda menys de 5 segons en detectar un canvi d'humitat relativa a l'entorn. La seva alimentació recomanada és de 5V però pot suporta de 3.3 a 5.5V amb una consum de 2.5mA. Al tenir unes característiques superiors al DHT11, el seu preu és una mica més elevat però continua sent un cost assequible.



Figura 16: Sensor de temperatura i humitat DHT22

#### - SENSOR DE TEMPERATURA I HUMITAT HC2S3

El HC2S3 és una sonda precisa i robusta per mesurar la temperatura i humitat relativa de l'aire, ideal per aplicacions desateses de llarga duració. Per garantir la fiabilitat i funcionament correcte, incorpora filtres per la protecció contra la pols i partícules. Normalment s'utilitza en projectes de gran importància.

Aquesta sonda té un rang de mesura de temperatura de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  amb una alta precisió de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . En la mesura de la humitat, el seu rang és del 100% amb una precisió de  $\pm 0.8\%$ . Els seus temps de resposta són molt baixos, això comporta que capten una diferència de temperatura i humitat en l'ambient amb una diferència de tant sols 1ms. Aquesta característica fa que sigui un component d'alta precisió. Pel que fa el seu voltatge d'alimentació, pot arribar a suportar des de 5 a 24V amb un consum màxim de 50mA. El seu preu és força elevat a causa que conte unes característiques de funcionament elevades.



Figura 17: Sensor de temperatura i humitat HC2S3

#### **4.1.2 Sensors d'il·luminació**

##### **- SENSOR FOTORESISTENT LDR**

El sensor LDR (sensor fotoelèctric) és un component electrònic que respon al canvi de la intensitat de la llum. Aquest component és bàsicament un resistor que varia la seva resistència quan canvia la intensitat de la llum. El valor d'aquesta resistència elèctrica baixa quan hi ha llum i augmenta quan ho fa la foscor. És un sensor molt petit i fàcil d'utilitzar. És ideal per projectes d'il·luminació o qualsevol que es necessiti controlar la llum ambiental sense necessitat de gran precisió.

Aquest component aguanta fins a un màxim de 150V. L'únic inconvenient que tenen els LDR és que són molt poc precisos. El preu d'aquests sensors és molt assequibles.



Figura 18: Sensor d'il·luminació LDR

##### **- SENSOR BH-1750**

El mòdul BH1750 és un sensor de llum, que a diferencia del LDR, és digital i entrega les dades de mesura en LUX (lumen/m<sup>2</sup>) que és una unitat de mesura estàndard per nivells d'il·luminació. La comunicació és a través de la interfície I2C podent implementa'l en la majoria de microcontroladors. És ideal en aplicacions on es requereix determinar la il·luminació ambiental i es pot utilitzar, per exemple, per ajustar la brillantor de pantalles LCD, teclats, etc.

Aquest sensor té una alta precisió on el seu rang està comprés entre 1 i 65535lux. Interiorment té un regulador de 3.3V podent ser alimentat fins a 5V sens cap problema amb un subministrament de corrent de 3mA. Una característica rellevant és que el temps de resposta al canvi d'il·luminació ambiental és instantània. El preu d'aquest component és assequible.



Figura 19: Sensor d'il·luminació BH1750

#### - SENSOR TSL-237

El següent sensor consisteix en convertir la intensitat lumínica en freqüència. La sortida és una ona quadrada amb una freqüència directament proporcional a la intensitat de llum. La sortida digital permet comunicar-se directament amb un microcontrolador. Les seves aplicacions principals són per grans projectes de detecció de color, la oximetria de pols i detecció de terbolesa lumínica.

El TSL237 es caracteritza per poder funcionar en el rang de temperatura de -40°C a 85°C. El dispositiu respon al rang de llum de 320nm a 1050nm. Aquest component pot ser alimentat entre 2.7 i 5.5V i consumeix 2mA de corrent. No requereix components externs per realitzar la conversió. És un sensor que detecta la intensitat de llum en una alta resolució i proporciona una alta sensibilitat per detectar petits canvis de la llum. El preu d'aquest sensor és assequible.



Figura 20: Sensor d'il·luminació TSL237

### 4.1.3 Sensors de concentració de gasos

#### - SENSOR MQ-135

El sensor MQ-135 és adequats per la detecció de NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, benzè, fum, CO<sub>2</sub>, etc. Aquest component consta de dues sortides, una analògica i una digital, la qual els fa fàcils

d'implementar amb qualsevol microcontrolador. La sortida digital treballa com un comparador mentre que l'analògica dona el valor de concentració del gas que es troba en l'atmosfera. Aquest sensor és electroquímic i varia la seva resistència quan s'exposa a un determinat gas. Internament posseeix un escalfador encarregat d'augmentar la temperatura interna i així poder reaccionar amb els gasos provocant un canvi en la resistència. Degut a l'escalfador, és necessari esperar un temps d'escalfament per a que la sortida sigui estable, aquest temps pot arribar a ser d'entre 12 i 48 hores. Aquest sensor disposa d'un mòdul que es pot connectar fàcilment en un microcontrolador.

El MQ-135 s'alimenta a 5V però pot arribar a suportar fins a 24V. Té un consum elevat ja que com s'ha mencionat anteriorment, té un escalfador que s'ha d'escalfar un temps determinat per poder agafar les dades fiables. Una característica destacable és que s'ha de calibrar per a cada gas que es vol detectar. Aquest sensor és estable i de llarga vida amb una ràpida velocitat de resposta i amb un preu assequible.



Figura 21: Sensor de concentració de gas MQ135

#### - **SENSOR MG-881**

Aquest sensor està dissenyat per capturar la concentració de CO<sub>2</sub> de l'ambient. Consta d'una sortida analògica amb un rang de 0 a 2V i també d'una sortida digital la qual s'utilitza de comparador. Si es treballa amb l'analògica es té que com a més voltatge de sortida, menor concentració de gas conté l'atmosfera. Una característica principal del MG881 és que s'ha d'escalfar durant uns trenta minuts per poder agafar les dades correctament. S'utilitza principalment en projectes que estudien l'atmosfera.

Pel que fa a l'alimentació, el voltatge ideal de funcionament és de 5V però pot arribar a suportar voltatges superiors. Si parlem del consum, un desavantatge que podem anomenar és que consumeix molt ha causa de que s'ha d'escalfar un temps determinat abans de poder obtenir les dades correctament. El preu d'aquest sensor és molt elevat ja que és molt precís i robust.



Figura 22: Sensor de concentració de gas MG881

#### 4.1.4 Selecció de components

Per tenir una idea més visual dels diferents sensors analitzats es realitza la següent taula:

NOM	RANG DE LECTURA	PRECISIÓ	ALIMENTACIÓ	CONSUM	PREU
<b>SENSORS DE TEMPERATURA I HUMITAT</b>					
<b>DS18B20</b>	-55 a 125°C	±0.5°C	5.5V	1.5mA	1.9 €
<b>HIH-4000-002</b>	0 a 100%	±3.5%	4 a 5.8V	500µA	26 €
<b>SHT-75</b>	-40 a 123.8°C / 0 a 100%	±0.3°C / ±1.8%	3.3V	1mA	40 €
<b>DHT11</b>	0 a 50°C / 20 a 90%	±2°C / ±5%	3 a 5.5V	2.5mA	3 €
<b>DHT22</b>	-40 a 80°C / 0 a 99.9%	±0.5°C / ±2%	3 a 5.5V	1.5mA	5 €
<b>HC2S3</b>	-50 a 100°C / 0 a 100%	±0.1°C / ±0.8%	5 a 24V	50mA	més de 500 €
<b>SENSORS D'IL·LUMINACIÓ</b>					
<b>LDR</b>	depèn del model	molt poca precisió	depèn del model	depèn del model	depèn del model
<b>BH-1750</b>	1 a 65535 lux	0.5 a 4 lux	3 a 5V	200µA	2 €
<b>TSL-237</b>	320nm a 1050nm	6 ordres de magnitud	2.7 a 5.5V	2mA	3€
<b>SENSORS DE GAS</b>					
<b>MQ-135</b>	Detecció de NH3, NOx, CO2, etc. S'alimenta a 5V Sortida analògica i digital				4€
<b>MG-811</b>	Detecció de CO2 S'alimenta a 5V Sortida analògica i digital				50€

Figura 23: Taula dels diferents sensors

Un cop analitzat tots els sensors anteriors, la tria de cadascun ha quedat de la següent manera:

- **SENSOR TEMPERATURA I HUMITAT - DHT22**

Pel desenvolupament del dispositiu on es trobaran els diferents sensors i el microcontrolador que els governarà es descarten, en primer lloc, els sensor en que sols poden obtenir dades d'un sol paràmetre ja que ocuparien un espai innecessari en la placa i el que interessa és que el



dispositiu sigui d'una mida reduïda. En segon lloc, es pot excloure els components electrònics amb una precisió baixa ja que els paràmetres a estudiar han de ser els més fiables possibles ja que una petita variació poden afectar molt. També es descarta tots aquells sensors en que el preu és elevat ja que es tracta d'un prototip de prova. Finalment, estudiades totes les opcions i descartades les anteriors, es tria l'opció del sensor DHT22 ja que principalment s'obté una reducció d'espai perquè en un sol sensor es pot obtenir les mesures dels dos paràmetres i també perquè el seu camp de mesura avarca un gran rang de temperatures amb una alta precisió.

#### - **SENSOR D'IL·LUMINACIÓ - BH1750**

S'ha pogut veure que en l'apartat dels sensors d'il·luminació hi ha una gran varietat. En el dispositiu es necessita que hi hagi una bona precisió, per això es pot excloure tots aquells que la precisió sigui baixa. També es descarten tots aquells components que tinguin un preu elevat, ja que com s'ha dit anteriorment, el projecte és un prototip de prova. Després d'haver estudiat totes les opcions esmentades, el sensor més adient és el BH1750 ja que té una bona precisió amb un bon rang de valors, el preu és assequible i també destaca que les dades obtingudes d'aquest mòdul ja són en format de lux i així no cal fer cap conversió.

#### - **SENSOR DE CONCENTRACIÓ DE GASOS - MQ135**

Per últim, s'estudia els sensors de gas. El que es vol en el dispositiu és detectar el gas amoníac i Diòxid de Carboni; això ja ens fa descartar en un principi tots aquells sensors que no detecten aquests dos gasos. En un segon cas es pot veure que hi ha components d'un alt preu econòmic ja que per la detecció de gasos és necessari una precisió molt bona i amb unes característiques molt detallades. Pel dispositiu, l'elecció que s'ha fet és el sensor MQ135, ja que primerament és el que detecta els gasos que es volen i en segon lloc, també té unes molt bones característiques per un preu assequible.

## **4.2 Microcontroladors**

### **4.2.1 BeagleBone**

Aquest microcontrolador és com un miniordinador que pot executar un sistema operatiu petit i és capaç d'executar programes sobre aquest sistema operatiu.

Està dissenyat per funcionar a un nivell molt alt i té una alta capacitat de processament.



Figura 24: BeagleBone

L'emmagatzematge intern i la memòria són de 256 MB de memòria flash i 256 MB de RAM. Disposa d'una gran quantitat de pins GPIO i és molt potent, per tant fa que el seu cost sigui dels més elevats.

### **4.2.2 Raspberry Pi model 2B**

Al igual que l'anterior, és com un miniordinador que es pot utilitzar per desenvolupar programes complexos i pot utilitzar diferents llenguatges de programació de nivell alt com poden ser el Python, C++ i Java.

Disposa d'una memòria RAM d'1GB i pel que fa la memòria interna necessita una targeta SD que pot ser de una capacitat de fins a 64GB. També té una connexió Ethernet i HDMI, 4 ports USB 2.0 i disposa de 40 pins GPIO.



Figura 25: Raspberry Pi model 2B

És un dispositiu relativament més barat que el BeagleBone però més car que les versions més comunes del Arduino, arribant a tenir un preu d'uns 40€.

### **4.2.3 Arduino Mega**

És un dispositiu d'Arduino que disposa d'un SRAM de 8KB, una memòria EEPROM de 4KB i 256 KB de memòria flash. Pel que fa l'alimentació del microcontrolador ha de ser de 7 a 12V i pot

arribar a donar un voltatge de 5V pel seu pin de sortida. Té un port USB de connexió, un connector d'alimentació i un botó de reinici.

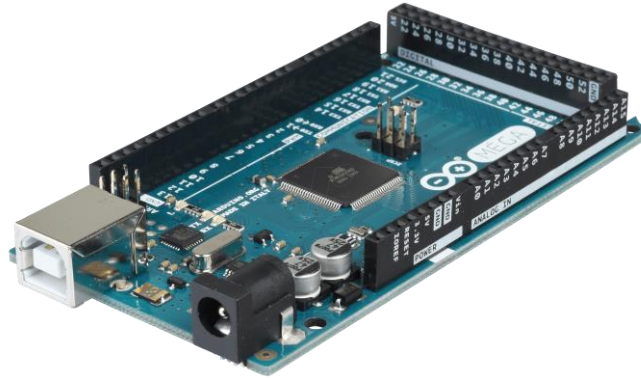


Figura 26: Arduino Mega

Disposa de 54 pins digitals, amb 14 d'ells que es poden utilitzar com a PWM, i 16 pins analògics.

Aquest dispositiu és d'una mida relativament gran i està destinat per projectes on es necessiten molts pins i alta potència. Al ser un microcontrolador molt potent, el seu preu també és més elevat que els altres dispositius més comuns d'Arduino i té un cost de 43€.

#### **4.2.4 Arduino Uno**

És el tipus d'Arduino més comú i disposa de 32 KB de memòria flash, 1KB de memòria EEPROM i 2 KB de SRAM. A l'igual que l'Arduino Mega, es pot alimentar a una tensió de 7-12V i proporciona un màxim de 5V pel seu pin de sortida de voltatge. També disposa d'una connexió USB, un connector d'alimentació i un botó de reinici.



Figura 27: Arduino UNO

Pel que fa als pins, disposa de 14 pins digitals, dels quals 6 d'ells poden ser PWM, i 6 pins d'entrada analògica.



És el model d'Arduino més comú i és ideal per projectes que no tinguin molta demanda de potencia, el preu del qual ronda els 22€.

#### **4.2.5 Arduino Pro Micro**

Aquest tipus d'Arduino incorpora el microcontrolador de l'Arduino Leonardo amb alguna de les seves millores i amb l'avantatge de ser d'una mida bastant petita. Disposa de 18 pins digitals, dels quals 5 tenen la funció de PWM, i 9 pins analògics. A més a més també té 2 pins que serveixen com a port UART i dos més pel port I2C. Per ser alimentat se li ha de subministrar un voltatge entre 5 i 16V. Existeixen dos versions de la placa, una que funciona a 5V amb una freqüència de processador de 16 Mhz, i l'altra de 3.3V a 8 Mhz.

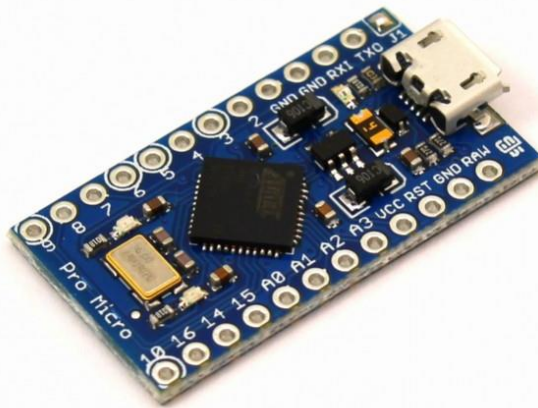


Figura 28: Arduino Pro Micro

És un dispositiu de mides molt reduïdes encara que conta amb un connector MicroUSB, evitant així la necessitat d'un programador extern. La versió oficial, i per tant més cara, té un preu aproximat d'uns 25€.

#### **4.2.6 Arduino Nano**

Aquest tipus d'Arduino incorpora una memòria flash de 16KB, 1KB de memòria SRAM i 512 bytes de memòria EEPROM. Disposa de 14 pins digitals, 6 dels quals són PWM, i 8 pins analògics. Per ser alimentat se li ha de subministrar un voltatge entre 7 i 9V i és capaç de donar 5V pel seu pin de sortida.

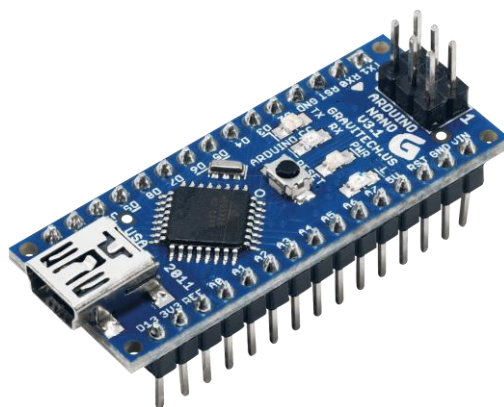


Figura 29: Arduino Nano

És un dispositiu de mides molt reduïdes i això fa que perdi algunes de les seves funcionalitats com la pèrdua del connector d'alimentació extern.

És ideal per projectes que necessiten ocupar un mínim d'espai i no requereixin de una gran potència per funcionar. La versió oficial d'aquest dispositius té un cost d'uns 25€.

#### 4.2.7 Selecció del microcontrolador

Com s'ha fet anteriorment, es realitza una taula per visualitzar d'una manera més clara les característiques de cadascun dels microcontroladors:

NOM	ALIMENTACIÓ	MEMÒRIA FLASH	SRAM	PINS	PREU
BEAGLEBONE	5V	256MB	256MB	65 pins GPIO	45 €
RASPBERRY PI	5V	SD fins 64GB	1GB	40 pins GPIO	40 €
ARDUINO MEGA	7 a 12V	256kB	8kB	54 pins digitals i 16 analògics	43 €
ARDUINO UNO	7 a 12V	32kB	2kB	14 pins digitals i 6 analògics	22 €
ARDUINO PRO MICRO	5 a 16V	32kB	2.5kB	18 pins digitals i 9 analògics	25 €
ARDUINO NANO	7 a 9V	16kB	1kB	14 pins digitals i 8 analògics	25 €

Figura 30: Taula dels diferents microcontroladors

El projecte es podria dividir en dues parts: la primera seria agafar les dades dels sensors que estan ubicats a la nau avícola i la segona seria rebre aquestes dades i processar-les.

Pel que fa la primera part, no es tracta d'un projecte massa complex a nivell de programació ni a nivell de potència, així que es descarten les opcions més potents com són la Raspberry Pi,



l'Arduino Mega i el dispositiu BeagleBone. Totes les opcions restants serien vàlides pel desenvolupament del projecte a nivell de potència, però com que interessa que el dispositiu on es trobaran els sensors i aquest microcontrolador sigui de la mida més reduïda possible també es descarta l'Arduino Uno. Entre les dues opcions que resten, es decideix utilitzar l'Arduino Pro Micro ja que les seves característiques són suficients per desenvolupar aquesta tasca i a més a més aquest Arduino disposa d'una alimentació externa la qual cosa possibilita que el dispositiu treballi de manera autònoma.

La segona part del projecte requereix d'un microcontrolador més potent ja que la seva tasca així ho demanda. Per aquest motiu, es descarten les opcions Arduino Nano i Arduino Pro Micro. Entre les opcions restants també es descarten les opcions Arduino Mega i el BeagleBone ja que són massa cares i per la realització del projecte no es necessita microcontroladors tant potents. Entre les dos últimes opcions restants, l'elecció es decanta per la Raspberry Pi ja que disposa d'una memòria i processament major que l'Arduino Uno i a més a més pot utilitzar diferents llenguatges de programació, cosa necessària per la realització del projecte. Apart, també té la possibilitat de connexió a internet mitjançant una manera fàcil i ràpida.

### **4.3 Sistemes de comunicació**

Per tal de transmetre les dades des dels diferents Arduinos situats a la granja fins on es troba la Raspberry s'analitzen algunes de les solucions que es troben en el mercat. Aquestes opcions només contemplen la comunicació via radiofreqüència ja que a la granja no hi ha possibilitat d'accedir a internet i la transmissió de dades via Bluetooth és d'un abast molt reduït. També hi hauria la possibilitat de comunicar-se via SMS però es una opció massa cara ja que cadascuna de les dades que es voldria enviar s'hauria de pagar.

#### **4.3.1 Mòdul de radiofreqüència Xbee**

Aquests mòduls són uns xips d'una mida petita que són capaços de comunicar-se els uns amb els altres mitjançant la radiofreqüència. Amb aquestes connexions són capaços de passar-se diferents tipus de dades de manera bidireccional. Aquests xips utilitzen els pins RX i TX per comunicar-se, així que utilitzen la comunicació serial i són compatibles amb els dispositius que tenen la possibilitat de comunicar-se per aquest port serial.

Els mòduls Xbee tenen dues formes d'enviar la informació: la manera directa, on la informació s'envia immediatament a la direcció de destí; i la manera indirecta, on la informació es guarda durant un període de temps i s'envia a la direcció de destí quan aquest li demana.

A més a més, els mòduls Xbee també poden seguir dos protocols diferents a l'hora d'enviar informació: Unicast, que és una comunicació d'un punt a un altre on el mòdul receptor, un cop ha rebut les dades, ha de enviar un ACK a la direcció d'origen. El mòdul emissor espera rebre aquest ACK, si no arriba, reenvia les dades fins a tres vegades o fins que rebí el ACK. L'altre protocol és l'anomenat Broadcast, on s'estableix una comunicació entre un node i tots els altres nodes de la xarxa. En aquest protocol no hi ha missatges ACK de confirmació de rebuda.

Dins dels mòduls Xbee, existeixen diferents models:

- Xbee Series 1: aquests són la sèrie més fàcil d'utilitzar ja que no necessiten ser configurats i són ideals per a connexions punt a punt.
- ZB (els actuals Xbee Series 2): són mòduls que s'han de configurar abans d'utilitzar i poden funcionar en mode transparent o per mitja d'ordres API. Aquest són més difícils d'utilitzar que els Xbee Series 1 però també tenen funcionalitats més complexes i són ideals per a treballs més desenvolupats.

Aquests dos mòduls tenen la mateixa forma i la mateixa distribució de pins però són incompatibles entre ells.



Figura 31: Mòdul de radiofreqüència Xbee PRO S1

A més a més, aquest dos mòduls també tenen la versió PRO. La diferència entre la versió regular i la PRO és bàsicament l'abast màxim que poden tenir, ja que la versió PRO té un abast més gran podent arribar a 1.6 Km en línia recta. Apart, la versió PRO també té un major consum de potència. La versió regular i la versió PRO són totalment compatibles entre ells dins d'una mateixa sèrie.

Els mòduls Xbee també tenen la possibilitat de canviar la seva antena per tal de augmentar el seu abast.

### 4.3.2 Mòdul de radiofreqüència APC-220

El mòdul APC-220 és un mòdul de comunicació a distància mitjançant la radiofreqüència amb la característica que és un mòdul que es pot configurar, a diferència de la majoria dels altres mòduls que es poden trobar al mercat on la freqüència d'oscil·lació del transmissor i el ressonador del receptor estan determinats pels condensadors i bobines utilitzades i són invariables.



Figura 32: Mòdul de radiofreqüència APC-220

El mòdul APC-220 pot arribar a tenir un abast d'uns 800 metres i té una zona de buffer de dades de 256 bytes per a transferència. També és capaç de discriminar fins a 100 canals de comunicació diferents.

Aquests mòduls poden ser utilitzats tant com a emissor que com a receptor, possibilitant una connexió bidireccional. De la mateixa manera que els mòdul Xbee, també fan servir el port sèrie per comunicar-se entre ells.

### 4.3.3 Selecció del sistema de comunicació

En la següent taula es pot observar d'una manera més esquemàtica les característiques de cadascun:

NOM	CARACTERÍSTIQUES	PREU
<b>MÒDULS DE RADIOFREQUÈNCIA</b>		
<b>XBEE</b>	-Connexió port sèrie -Abast depèn del model (Versió PRO 1.6 km) -Alimentació de 3.3 V	45 €
<b>APC-220</b>	-Connexió port sèrie -Abast de 800 m -Alimentació de 3.3 a 5V	20 €

Figura 33: Taula dels diferents mòduls de radiofreqüència

Com s'ha comentat anteriorment, la manera de transmetre les dades s'ha centrat amb l'opció de la radiofreqüència. Entre les dues opcions explicades s'ha decidit escollir l'opció del mòdul



Xbee, més concretament el mòdul Xbee Pro S1. S'ha triat així per la facilitat d'utilització d'aquest mòdul, la compatibilitat tant amb Arduino com amb Raspberry i la manca de necessitat de programar-los per ser utilitzats. Pel que fa l'abast, ens proporciona una distància suficient per establir connexió amb cadascun dels Arduinos i la Raspberry Pi. A més a més, al ser un mòdul d'una mida petita ajudarà a que el dispositiu on es trobaran els sensors juntament amb l'Arduino sigui de la menor dimensió possible.



## 5. PART PRÀCTICA DEL PROJECTE

---

Un cop realitzat el estudi de mercat anterior i haver fet l'elecció dels diferents components es procedeix a explicar el funcionament de la part pràctica del projecte. A partir d'aquest moment quan es fa referència al prototip es refereix al Client, que és el format per l'Arduino i els diferents sensors, mentre que quan es parla de la Raspberry es fa referència al Servidor.

El prototip funcional constarà de dues plaques controlades per dos Arduinos, un en cada placa. L'objectiu és captar els diferents paràmetres ambientals d'una nau avícola amb l'objectiu de poder garantir el benestar dels animals i tindre un estudi prolongat al llarg del temps. Els paràmetres que es tenen en compte són la temperatura, la humitat, la il·luminació, la concentració de gasos nocius com el diòxid de carboni i l'amoníac. Per tal d'agafar aquestes dades s'utilitza un microcontrolador com és l'Arduino Pro Micro el qual governa els següents sensors:

- DHT22 (sensor de temperatura i humitat)
- BH1750 (sensor d'intensitat lumínica)
- MQ135 (sensor de concentració de gasos)

A més a més aquest prototip disposa d'un mòdul de radiofreqüència anomenat Xbee PRO S1 el qual és l'encarregat d'enviar les dades.

A part d'aquest prototip, el projecte també consta d'una Raspberry que exerceix de Servidor i disposa d'un altre mòdul Xbee PRO S1 per tal de rebre les dades dels Clients, com són els Arduinos.

El funcionament del servidor consistirà en els següents punts i es pot visualitzar en el següent diagrama:

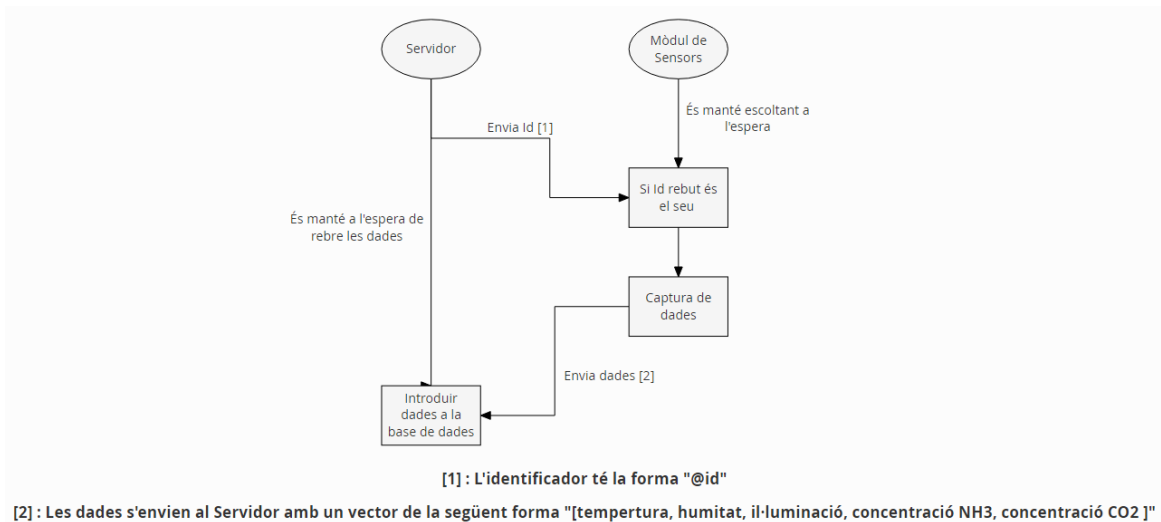


Figura 34: Diagrama de flux del funcionament Servidor

- 1- El Servidor enviarà un símbol "@". Quant els Clients rebin aquest símbol significa que seguidament rebran un numero que és l'identificador. Aquest punt es repeteix tantes vegades com Clients hi hagi i cada vegada envia un identificador diferent.
- 2- Si aquest identificador concorda amb el del Client (mòdul dels sensors), aquest haurà de realitzar una lectura de cadascun dels sensors i cada resultat el guardarà en una posició d'un vector i l'enviarà al Servidor. Aquest procediment es pot veure d'una manera esquemàtica en el següent diagrama de flux:

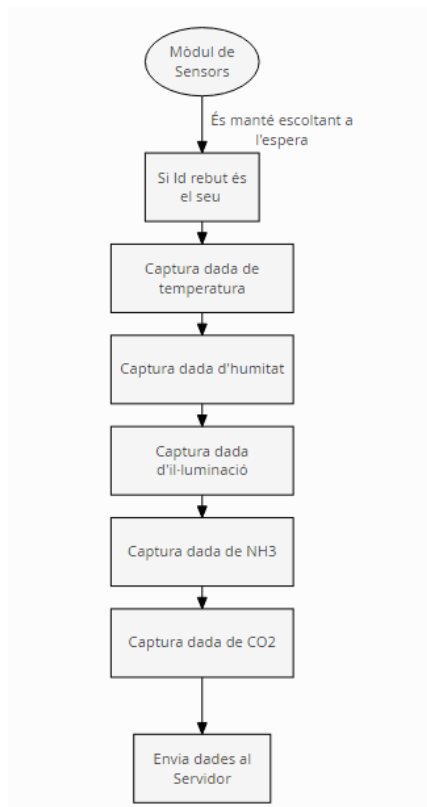


Figura 35: Diagrama de flux del funcionament del Client



- 3- Un cop el Servidor hagi rebut les dades les guardarà a una base de dades afegint l'hora i la data en que han estat obtingudes i l'identificador del Client que les ha enviat.
- 4- Abans de ser guardades a la base de dades, el Servidor analitzarà les dades per comprovar si estan dins del rang idoni pel benestar dels animals. Si algun dels valors és preocupant, s'enviarà un correu electrònic d'alerta a l'encarregat.
- 5- Tots aquests punts es realitzarà cada cinc minuts.

Una altra funció del Servidor serà la de servidor web. D'aquesta manera es podran visualitzar les dades obtingudes mitjançant una pàgina web on hi haurà diferents taules i gràfics.

En la següent figura es pot observar mitjançant un diagrama de flux el funcionament total de la part pràctica del projecte d'una manera esquemàtica:

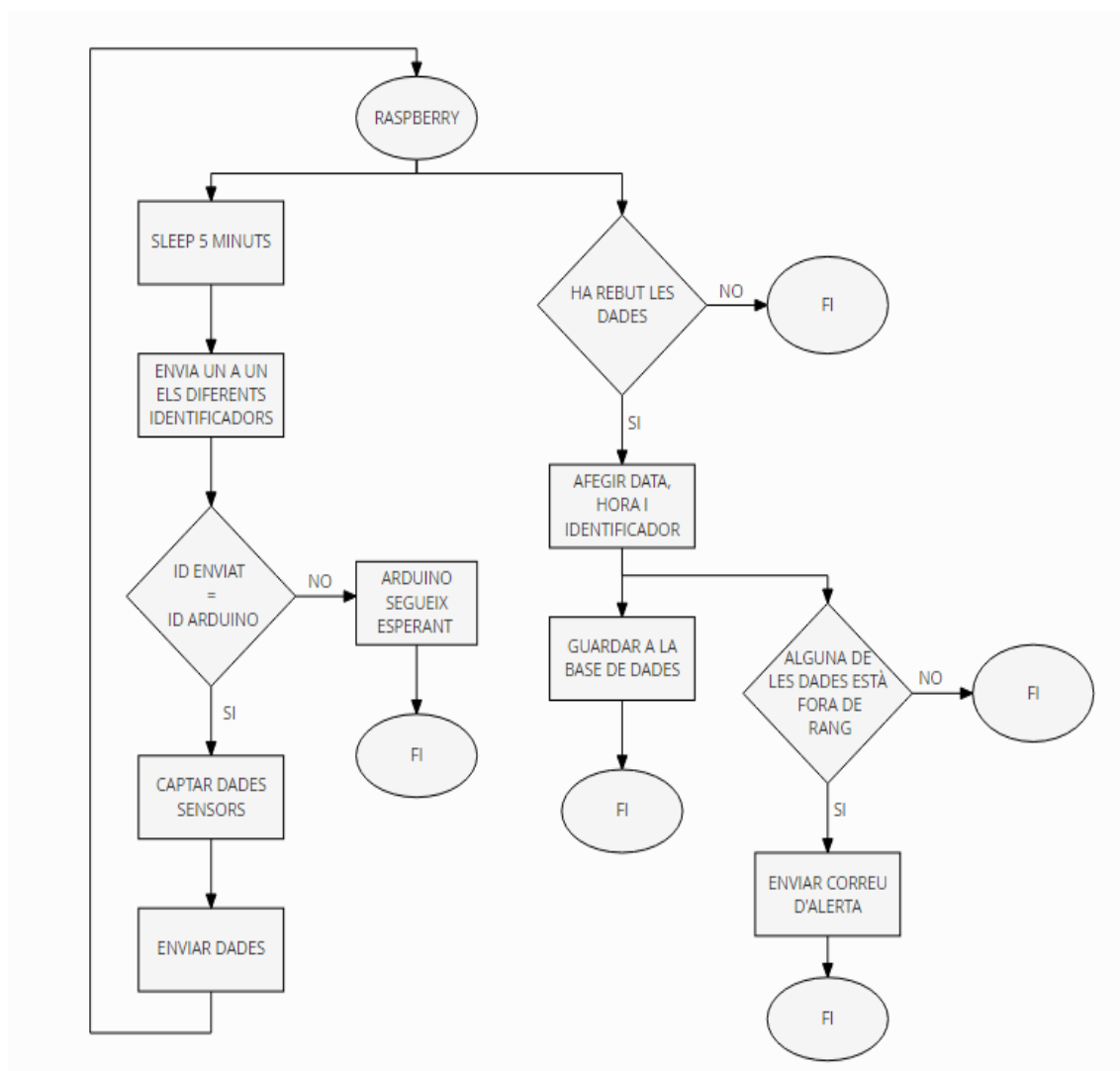


Figura 36: Diagrama de flux de la part pràctica

## 5.1 Components del prototip funcional

Abans de realitzar el disseny de la placa PCB s'ha fet un prototip basat en una placa protoboard per així poder realitzar diferents proves per tal d'assegurar un correcte funcionament a l'hora de fabricar el prototip final.

El prototip funcional consta dels següents components electrònics:

- Arduino PRO Micro
- Sensor DHT22
- Sensor BH1750
- Sensor MQ135
- LM1117 i condensadors
- Mòdul Xbee PRO S1
- Interruptor DIP 3 vies ("Switch")

Les connexions necessàries pel funcionament del prototip es poden observar en la següent figura:

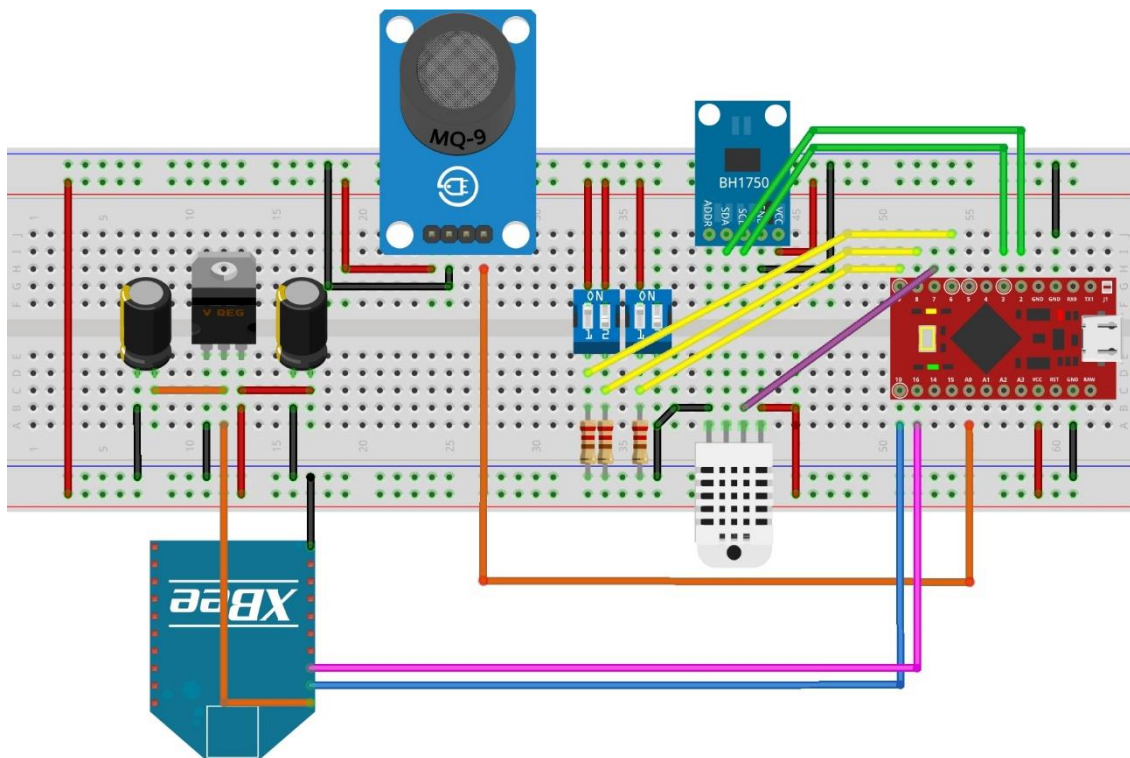


Figura 37: Esquemàtic del prototip a la protoboard

### 5.1.1 Arduino Pro Micro

Com s'ha esmentat anteriorment, l'Arduino és l'encarregat de manar tots els components electrònics del prototip. Quan rep la senyal de la Raspberry mitjançant el mòdul Xbee, agafa les dades dels diferents sensors i les retorna a la Raspberry.

Un cop realitzat aquesta operació l'Arduino es manté a l'espera fins tornar a rebre una nova senyal i repeteix el mateix procés.

A part de manar als sensors també és l'encarregat d'alimentar-los, ja que pel seu pin de Vcc treu un voltatge de 5V i és on estan connectats tots els sensors.

Perquè els pins originals de RX i TX del Arduino quedin lliures, s'ha utilitzat la llibreria SoftwareSerial per tal de crear dos nous pins RX i TX on estarà connectat el mòdul Xbee.

Com s'ha mencionat anteriorment, tot el prototip estarà alimentat per l'Arduino alhora que aquest serà alimentat mitjançant la connexió MicroUSB que porta incorporat.

A continuació es pot observar una imatge on es veuen les característiques de cadascun dels seus pins:

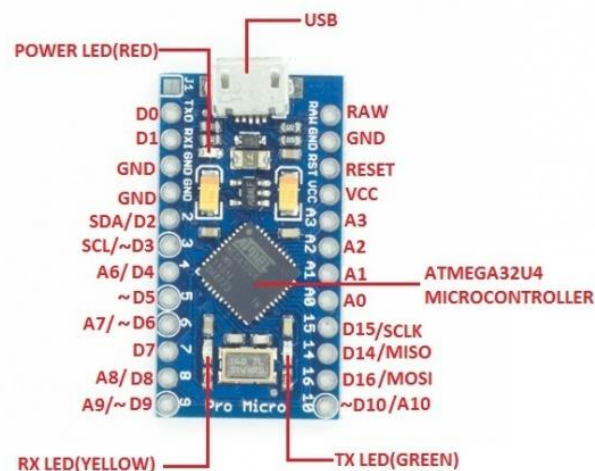


Figura 38: Arduino Pro Micro amb les connexions de cada pin

### 5.1.2 Sensor de temperatura i humitat DHT22

Aquest sensor és l'encarregat de captar les dades de temperatura i humitat de l'ambient. Porta un adaptador integrat on es troben les diferents resistències que asseguren un bon funcionament del sensor i el protegeixen de possibles pujades de tensió i d'intensitat.

El DHT22 dona una senyal digital a l'Arduino dependent del valor de temperatura i humitat que llegeix. Aquesta senyal digital és fàcil de transformar en les mesures reals mitjançant una llibreria d'Arduino.

Aquest sensor, amb l'adaptador incorporat, té tres pins on un es connecta a 5V, l'altre a terra i l'últim es connecta a una entrada digital del Arduino.

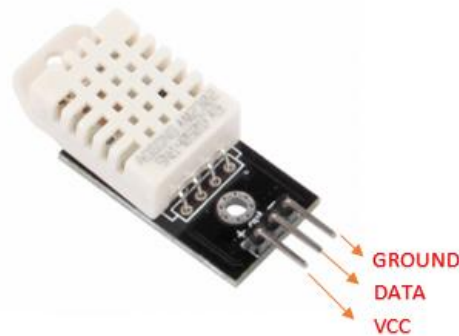


Figura 39: Sensor de temperatura DHT22 amb adaptador incorporat i les seves connexions

### 5.1.3 Sensor d'il·luminació BH1750

El BH1750 és el sensor d'intensitat lumínica. Aquest ha d'estar col·locat de manera que no tingui res a sobre ja que es taparia el sensor lumínic que porta i les lectures no serien les correctes. Aquest sensor consta de 5 pins, els quals només quatre són els que es connecten. Un va connectat a 5V, l'altre al terra i els dos restants, un va connectat al pin 2 i l'altre al pin 3 del Arduino PRO Micro. Això és així perquè aquest sensor utilitza el protocol I2C per tal de comunicar-se i els pins 2 i 3 de l'Arduino PRO Micro són els que corresponen a aquest tipus de protocol.



Figura 40: Sensor d'il·luminació BH1750 amb les seves connexions

El sensor BH1750 també té la possibilitat de triar la precisió en que es vol que doni les seves dades. Així que dependent del que es fiqui al codi de l'Arduino, la lectura del sensor tindrà més o menys precisió. Les diferents possibilitats es mostren a continuació:

Modo	Resolució	Tiempo de medición
High resolution Mode2	0.5 lx	120 ms
High Resolution Mode	1 lx	120 ms
Llow Resolution Mode	4 lux	16 ms

Figura 41: Taula dels modes de resolució que pot adoptar el sensor BH1750

#### **5.1.4 Sensor de concentració de gasos MQ-135**

Per poder analitzar la concentració de gasos en l'ambient s'ha utilitzat el sensor MQ135 que és l'encarregat d'analitzar la concentració del gas diòxid de carboni i de l'amoníac. Es tracta d'un sensor que dóna una senyal analògica que varia depenent de la concentració que detecta i la transmet a l'Arduino. Per a que les dades obtingudes siguin fiables s'ha realitzat un calibratge. Aquest calibratge es du a terme mitjançant les gràfiques que proporciona el datasheet d'aquest component on es pot observar que cada gas té la seva corba característica. A partir d'aquestes corbes es pot extreure de cadascuna d'elles l'equació corresponent per poder calibrar correctament el sensor i doni els valors de cadascun dels gasos.

Aquest sensor està incorporat a un adaptador amb 4 pins. Un dels pins està connectat a l'alimentació de l'Arduino on hi subministra els 5V que necessita el sensor per al seu funcionament, el següent és el terra que va directament al GND de l'Arduino. A continuació n'hi ha dos més que són per a la transmissió de dades. Un d'ells és digital el qual s'utilitza com a comparador de dades i el següent és analògic que té la funció de captar la concentració de gas que es troba en aquell moment en l'atmosfera i transformar-la en ppm. Al prototip s'utilitza l'entrada analògica ja que es necessita la quantitat de gas que hi ha per poder-la comparar en el rang de dades adequat pel benestar animal.



Figura 42: Sensor de concentració de gas i les seves connexions

### 5.1.5 Regulador de tensió LM1117 i condensadors

Un petit inconvenient que hi ha en l'Arduino és que només té una sortida que subministra 5V i l'alimentació de l'Xbee va a 3.3V. Per això s'ha hagut d'implementar un convertidor que regula el voltatge de 5V a 3.3V. El component electrònic que s'ha utilitzat per poder fer aquesta conversió ha estat el LM1117. Aquest regulador de tensió consta de 3 pins, on un està connectat a VCC de l'Arduino on també hi ha un condensador per poder estabilitzar l'entrada, l'altre pin es connecta directament al GND i per últim hi ha la sortida del convertidor de 3.3V estabilitzada gràcies al condensador que és la que es connecta directament a l'alimentació del mòdul Xbee.

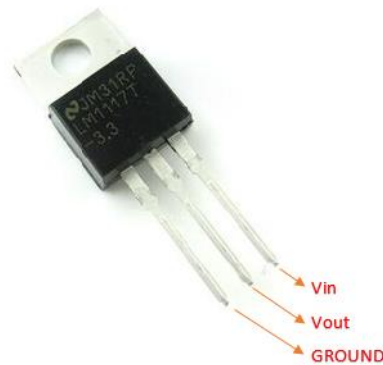


Figura 43: Regulador de tensió LM1117 i les seves connexions

### 5.1.6 Mòdul Xbee PRO S1

El mòdul Xbee és l'encarregat d'enviar les dades per mitja de la radiofreqüència. Disposa de 20 pins, dels quals només quatre són els necessaris per tal de poder establir una connexió amb algun altre Xbee. Dos d'aquests pins són el Vcc i el terra. A diferència de la resta de components del prototip, aquest mòdul s'ha d'alimentar a 3.3V. Per aquest motiu el pin d'alimentació del Xbee està connectat a la sortida del regulador de tensió LM1117 i no al pin de sortida de voltatge de l'Arduino. Els altres dos pins restants que s'han de connectar són els pins 2 i 3 que corresponent al RX i TX. Aquests pins van connectats als pins 10 i 16 de l'Arduino ja que com s'ha esmentat anteriorment són els nous pins RX i TX de l'Arduino.



Figura 44: Mòdul Xbee PRO S1 amb les seves connexions necessàries

Perquè la connexió entre l'Arduino i el Xbee sigui correcta i es pugui connectar amb algun altre dispositiu, el pin RX del mòdul Xbee s'ha de connectar amb el pin TX de l'Arduino mentre que el pin TX del Xbee s'ha de connectar al RX de l'Arduino. D'aquesta manera es crea el circuit tancat i es fa possible la transmissió de dades.

### **5.1.7 Interruptor DIP 3 vies ("switch")**

Aquest component és l'encarregat de donar l'identificador a cadascun dels Arduinos. Els switch, depenent de si estan en mode ON o mode OFF, li passen a l'Arduino un numero en sistema binari mitjançant tres entrades digitals del microcontrolador. Llavors aquest numero en binari es transforma en un numero en sistema decimal que és el que guardarà l'Arduino com el seu identificador.

Aquest switch disposa de 6 pins, els quals tres van connectats directament a la sortida de voltatge de 5V de l'Arduino mentre que els altres tres van connectats a tres entrades digitals del microcontrolador. A més a més aquestes sortides van connectades a tres resistències per tal de poder donar un 0 digital quan la posició dels switch sigui en OFF.

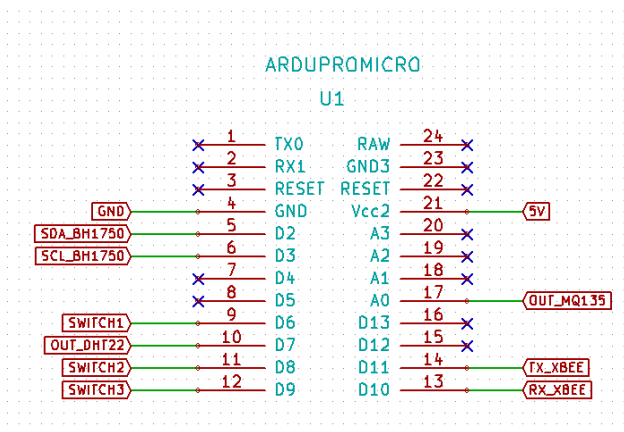


Figura 45: Interruptor DIP 3 vies

## **5.2 Disseny i creació plaques PCB**

Per la realització del disseny de la placa PCB s'ha utilitzat el programa KiCad ja que és de software lliure i és una eina molt útil i no es necessita un gran domini per tal de poder-la utilitzar amb garanties. També es va contemplar l'opció de realitzar el disseny amb el programa Proteus ja que era l'eina utilitzada durant el grau però finalment es va declinar aquesta idea ja que es va considerar més adient l'utilització del programa KiCad.

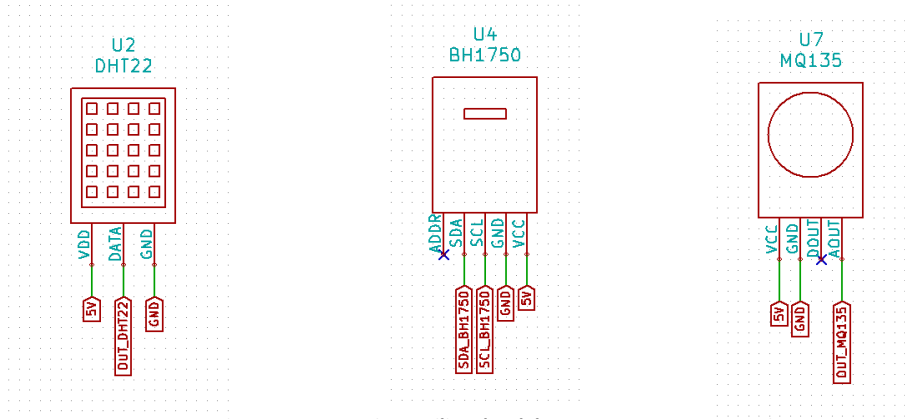
El primer component que es va dissenyar va ser el microcontrolador ja que era el més important i el que tenia més connexions. El resultat es pot visualitzar en la següent figura:



**Figura 46: Connexions utilitzades de l'Arduino PRO Micro S1**

Com es pot observar, l'Arduino té 24 pins dels quals 11 tenen alguna connexió mentre que els altres queden lliures. Al costat de cadascún dels pins que estan connectats es pot verure una etiqueta indicant la connexió amb els diferents sensors com es podrà anar observant en les figures següents.

Els següents components que es van dissenyar van ser els diferents sensors com són el sensor de temperatura i humitat DHT22, el d'il·luminació BH1750 i el de gas MQ135.



**Figura 47: Connexions utilitzades dels sensors DHT22, BH1750 i MQ135**

Com ja s'ha esmentat anteriorment, els tres sensors s'alimenten a 5V des de la sortida de l'Arduino i tenen un pin de GND. Pel que fa al sensor de temperatura, el pin de dades va connectat a una entrada digital del microcontrolador. Després, el sensor d'il·luminació utilitza el protocol I2C per a poder-se comunicar. Per aquest motiu la sortida SDA del sensor va connectada al pin SDA de l'Arduino que correspon al D2, mentre que la sortida SCL del sensor va connectada al SCL de l'Arduino que és el D3. Finalment, el sensor de gas té tant una sortida analògica com una digital però en aquest projecte s'utilitza l'analògica per poder obtenir un valor exacte de concentració del gas i no només un "1" o un "0" lògic depenent del valor absolut. Aquesta sortida analògica va connectada a una entrada analògica del microcontrolador, més exactament a l'entrada A0.



A continuació es va dissenyar el circuit regulador de tensió per tal de poder alimentar el mòdul Xbee. El circuit resultant es pot observar en la següent figura:

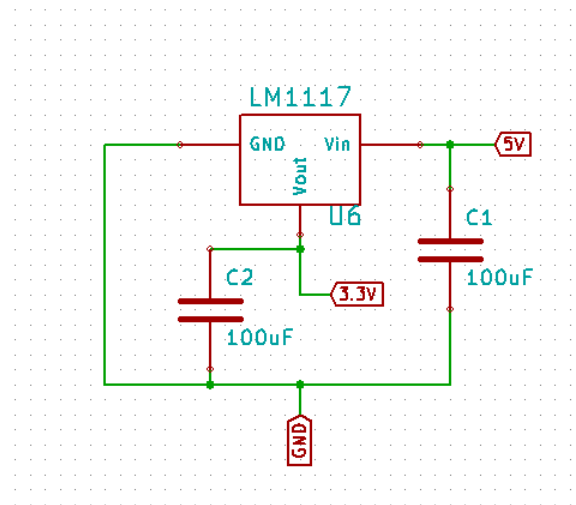


Figura 48: Disseny del circuit regulador de tensió

És un circuit on li entren els 5V procedents de l'Arduino i pel pin de sortida treu 3.3V constants que després s'utilitzaran per alimentar el mòdul Xbee. També es pot observar que s'han utilitzat dos condensadors, un a l'entrada i l'altre a la sortida, per estabilitzar la senyal.

Un cop dissenyat el regulador es va dissenyar el mòdul de radiofreqüència Xbee:

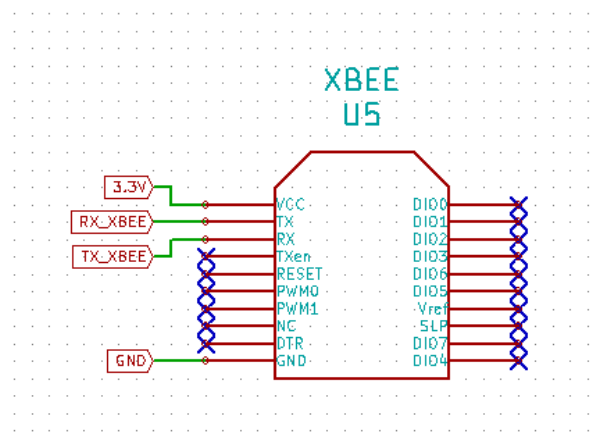


Figura 49: Connexions utilitzades del mòdul de radiofreqüència Xbee PRO S1

També, com s'ha mencionat anteriorment, aquest mòdul disposa de 20 pins dels quals només se n'utilitzen 4. L'alimentació es fa per mitjà del circuit regulador. Després, com es pot observar, el pin TX té l'etiqueta RX\_XBEE ja que aquest va connectat a l'entrada RX de l'Arduino mentre que el pin RX anirà connectat a l'entrada TX del microcontrolador.

Finalment es va dissenyar els "switchs" per tal de poder donar un identificador únic a cada Arduino. El circuit resultant dels "switchs" amb les seves resistències és el següent:

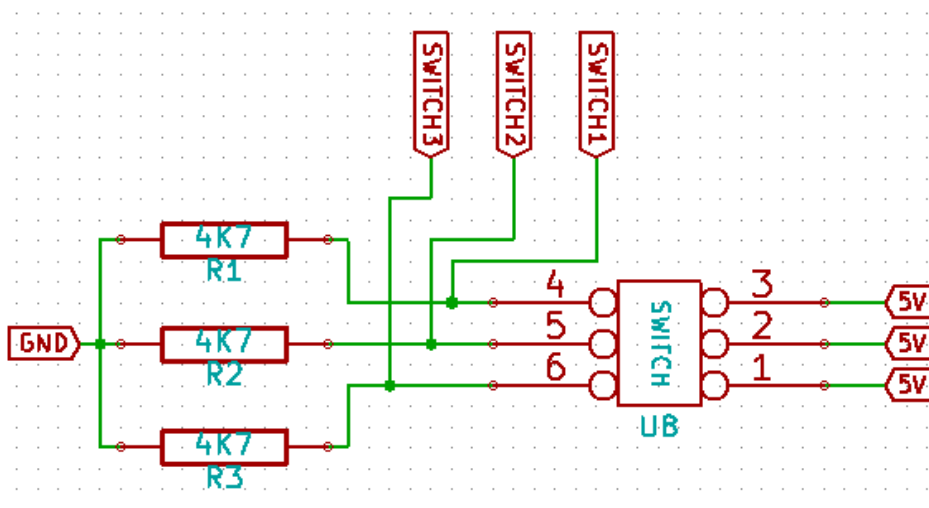


Figura 50: Circuit i connexions de l'interruptor DIP 3 vies

Com es pot observar, els “switchs” s'alimenten a 5V subministrats per l'Arduino. Les sortides de cadascun van connectats a 3 pins digitals diferents del microcontrolador. Aquest “switch” envia un número binari, el qual el dígit de més pes és el que té l'etiqueta SWITCH1 mentre que el de menys pes és el de l'etiqueta SWITCH3. A més a més aquest circuit també consta de tres resistències per tal de que quan el “switch” estigui en mode OFF pugui enviar un “0” lògic a l'Arduino.

Un cop dissenyat tots els components i haver establert totes les connexions entre ells s'ha realitzat una llista amb el programa KiCad dels diferents components per tal d'assignar una empremta a cadascun d'ells per poder realitzar el circuit imprès. La llista resultat és la següent:

1	C1 -	100uF : C1V5
2	C2 -	100uF : C1V5
3	R1 -	4K7 : R5
4	R2 -	4K7 : R5
5	R3 -	4K7 : R5
6	TH1 -	XBEE_1 : SIL-10
7	TH2 -	XBEE_2 : SIL-10
8	U1 -	ARDUPROMICRO : DIP-24__600
9	U2 -	DHT22 : SIL-3
10	U3 -	MQ135 : SIL-4
11	U4 -	BH1750 : SIL-5
12	U6 -	LM1117 : SIL-3
13	U8 -	SWITCH : DIP-6__300

Figura 51: Llista de les empremtes assignades als diferents component amb el programa KiCad

Com es pot observar, se'ls hi ha assignat a tots una única empremta a excepció del Xbee. Al no tenir una empremta predefinida, es va optar per ficar dos empremtes de 10 pins cadascuna a la

distància correcta per poder col·locar el Xbee. A més a més es va tenir que variar la distància de pin a pin ja que totes les empremtes per defecte tenen una distància de 2,57mm i el mòdul Xbee té una distància de pin a pin de 2mm. També es va haver de modificar la distància entre les dues tires de pins de l'Arduino ja que el programa KiCad tampoc té una empremta predefinida de l'Arduino PRO Micro i no s'ajustava correctament.

Un cop realitzat tot això es va disposar a realitzar el disseny final de la placa. Després d'ordenar tots els components i reajustar les mides necessàries es va decidir que la mida de la placa seria de 60 x 80mm. El resultat amb el programa KiCad va ser el següent:

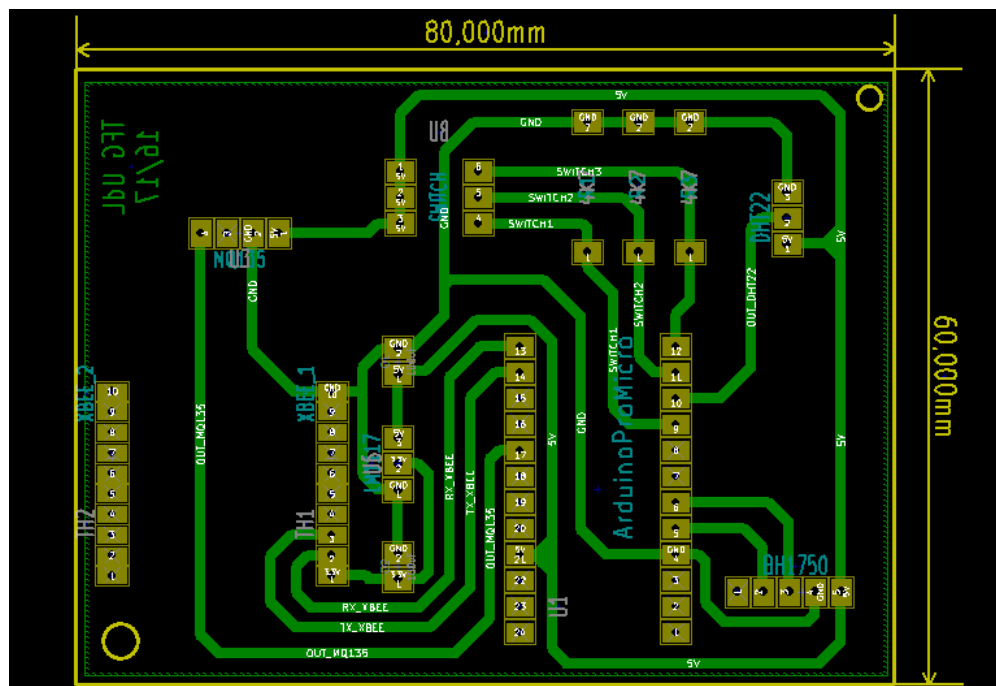


Figura 52: Disseny de la placa PCB amb el programa KiCad

Pel que fa a la distribució dels components es va tenir en compte que el sensor MQ135 estigués el més lluny possible del sensor de temperatura DHT22 ja que el sensor de gas s'escalfa mínimament i podria afectar a la lectura de la temperatura encara que els canvis que podria haver serien mínims. Pel que fa a la resta de components, la distribució es va basar en l'optimització de l'espai i la facilitat de realitzar les connexions entre ells.

Un cop decidida la distribució es va anar imprimint la placa en format PDF per anar comprovant que els diferents components s'adaptessin a la perfecció a les empremtes. Un cop tot s'ajustava correctament es va disposar a col·locar l'empremta de la massa amb la qual la placa ja quedava dissenyada. El resultat tant de la cara frontal com de la dorsal és el següent:

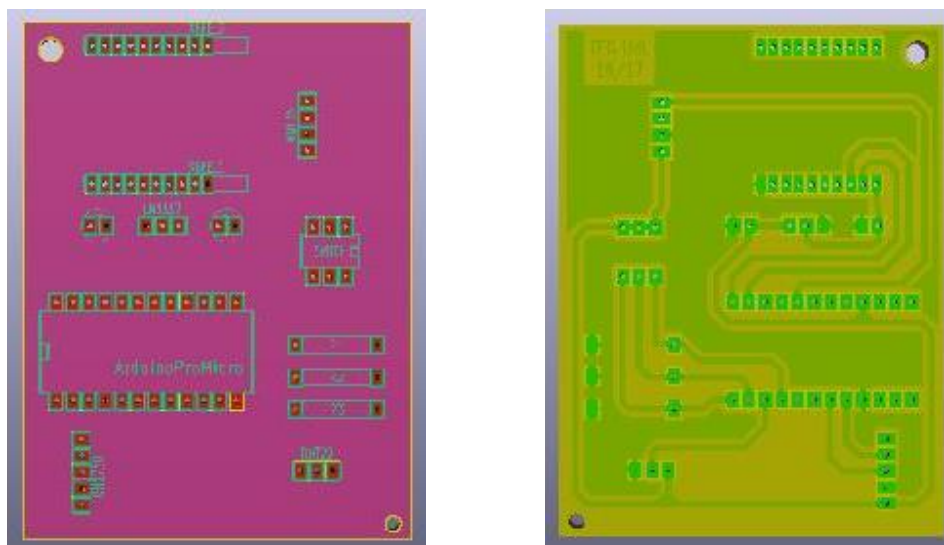


Figura 53: Disseny final de la placa PCB en 3D de les dues cares

Al finalitzar el disseny de la placa ja es va poder començar amb la creació d'aquesta. El primer pas era imprimir el disseny sobre una làmina transparent de plàstic anomenada fotolit per tal de poder passar aquest dibuix a la placa de fibra de vidre. El dibuix que es va imprimir va ser el següent:

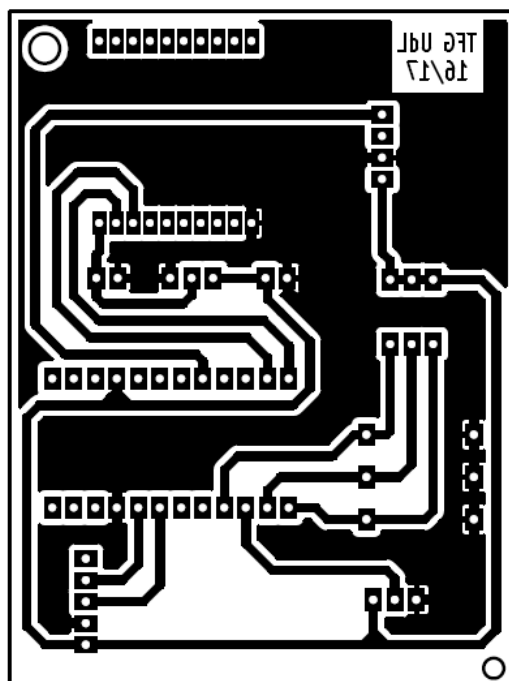


Figura 54: Disseny final de la placa PCB abans de ser impresa

A continuació el següent pas és el procés d'insolació de la placa. Consisteix en col·locar el fotolit sota la placa amb contacte amb el coure dins d'una màquina especial. Aquesta és sella i durant 4 minuts executa el procés. La realització d'aquest pas es pot observar en la següent imatge:



Figura 55: Impressió del circuit a la placa PCB amb la insoladora

Passats 4 minuts la placa ja té imprès el dibuix en la capa del coure. El pas següent és submergir la placa en una dissolució d'aigua i sosa càustica per tal de revelar el circuit que s'ha imprès. Després d'estar a dins de la dissolució un temps determinat es pot observa el circuit a la placa:



Figura 56: Estat de la placa després de ser submergida en la dissolució d'aigua i sosa càustica

Arribats en aquest punt falta eliminar el coure que no correspon a les pistes que és el que no està protegit. Per tal de realitzar aquest pas es prepara una barreja d'àcid atacador en format líquid amb un atacador sòlid que fa la funció d'accelerar el procés. S'introdueix la placa dins i es manté en constant moviment fins que tot el coure no desitjat s'ha eliminat.

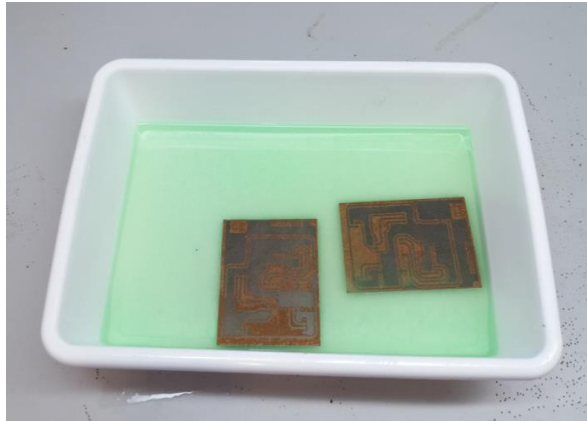


Figura 57: Plaques submergides amb àcid atacador en format líquid

Per finalitzar el procés es neteja les plaques amb aigua i després es freguen amb paper i alcohol per tal d'eliminar la capa protectora de les vies del coure. D'aquesta manera ja podrà circular la corrent per totes les vies. El resultat final és el següent:

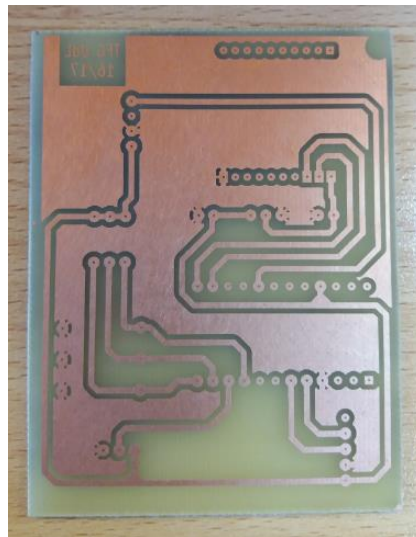


Figura 58: Resultat final de la placa PCB abans de ser foradades

Un cop obtingudes les plaques es va procedir a foradar-les. Per fer-ho es va utilitzar un trepant amb broques de dues mides diferents, una broca de 0.7mm per fer els forats del mòdul Xbee i una altra d'1mm per fer la resta de forats.





Figura 59: Procés de foradament de les plaques

L'últim pas per finalitzar les dues plaques que conformen el prototip va ser soldar els components. Per fer-ho es va utilitzar un soldador i estany. Els components capacitius, resistius, els "switchs" i el regulador de tensió LM1117 es van soldar directament a la placa, mentre que els sensors, l'Arduino PRO Micro i el mòdul Xbee PRO S1 no es van soldar directament a la placa sinó que es van soldar tires de pins per després introduir aquests components i poder-los extreure sempre que es vulgui sense necessitat de desfer cap soldadura.

El resultat final de les plaques és el següent:

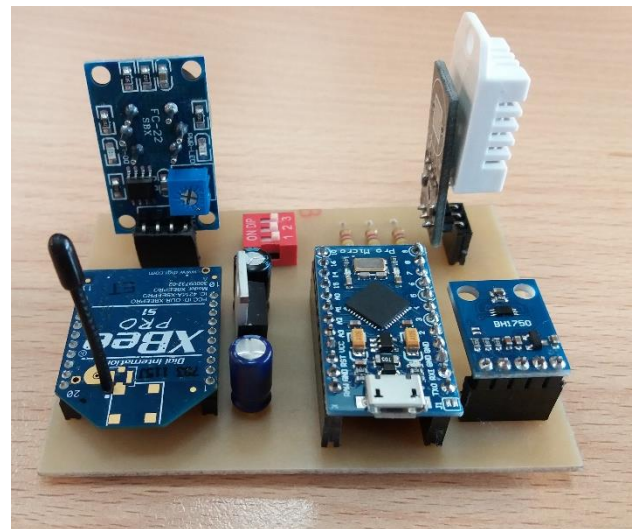
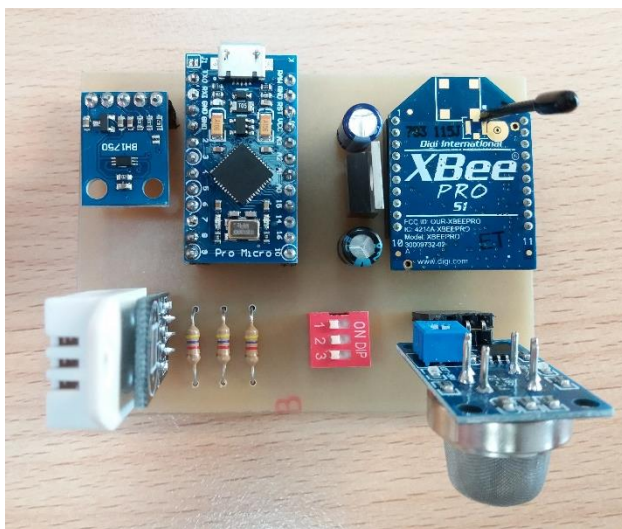


Figura 60: Resultat final de la placa PCB amb tots els seus components

### 5.3 Consum del prototip

Un cop realitzat el prototip es va dur a terme el càlcul de consum per tal de poder escollir una font d'alimentació més adient.

Primer de tot es va calcular el consum del prototip quan està en fase de repòs, és a dir, esperant la senyal de la Raspberry per tal d'actuar. Per realitzar aquest càlcul es va utilitzar una font d'alimentació de corrent continua de 5V on també es podia observar per una pantalla la corrent que consumia. El muntatge realitzat és el següent:

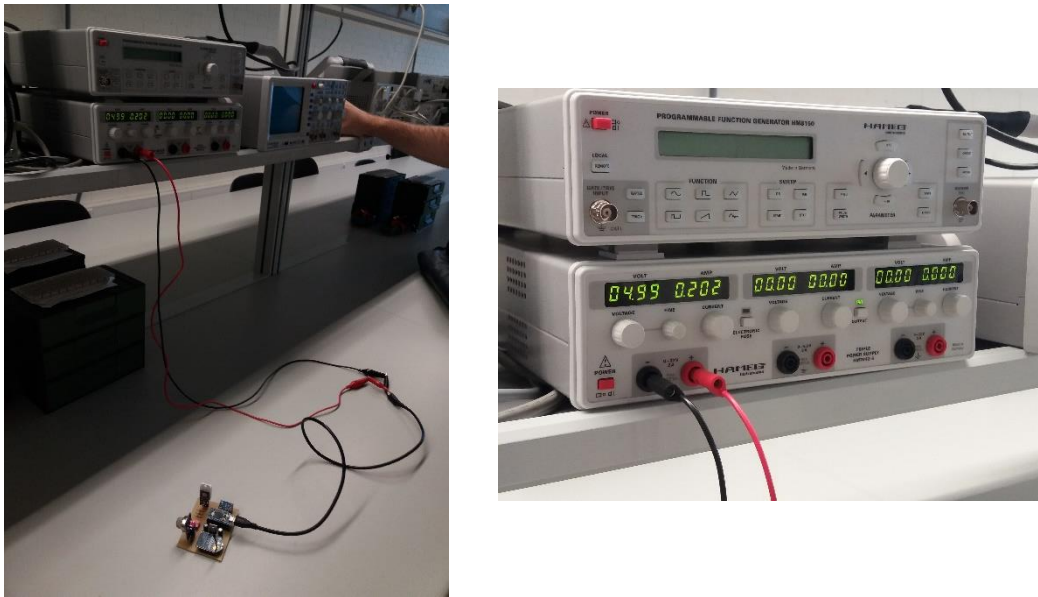


Figura 61: Procés del càlcul del consum del prototip

Com es pot observar, el prototip en aquesta fase té un consum de 200mA.

Quan rebí la senyal de la Raspberry, el prototip començarà a actuar. El consum dels diferents components del prototip augmenten de la següent manera:

- El mòdul de radiofreqüència Xbee consumeix 55mA quan està escoltant i 250mA quan està enviant dades. Això suposa un augment d'aproximadament 200mA entre la fase de repòs i la fase d'actuació.
- El sensor DHT22 quan està en "stand-by" té un consum de 50µA mentre que al moment de mesurar té un consum d'1.5mA. L'augment de consum d'aquest sensor en el moment d'actuar és de 1.5mA ja que el valor de consum en estat de repòs es pot ignorar.
- El sensor BH1750 té un consum de 200µA en el moment de mesurar.
- Pel que fa el sensor MQ135 té un consum de 100mA en fase de repòs mentre que en la fase de pressa de dades el consum augmenta fins a 150mA. Això implica un augment de 50mA entre la fase de repòs i la fase d'actuació.



Dit això, el consum total en la fase d'actuació, és a dir, la pressa de dades i enviament d'aquestes a la Raspberry, és aproximadament de 450mA. Com que aquest projecte està dissenyat perquè agafi dades cada cinc minuts, aquesta fase d'actuació es farà un total de 12 vegades cada hora.

En resum, a la següent taula es pot visualitzar el consum dels diferents components i del prototip al complet:

COMPONENTS	CONSUM REPÓS	CONSUM FUNCIONAMENT
<b>Xbee PRO S1</b>	55 mA	250 mA
<b>DHT22</b>	50 $\mu$ A	1.5 mA
<b>BH1750</b>	Negligible	200 $\mu$ A
<b>MQ-135</b>	100 mA	150 mA
<b>PROTOTIP</b>	200 mA	450 mA

Figura 62: Taula del consum del prototip

## 5.4 Components part del processament de dades

Com ja s'ha explicat anteriorment, el processament de dades consisteix en rebre les diferents dades dels Arduinos, analitzar-les per trobar algun valor fora de rang que pugui ser perjudicial per la salut dels animals, guardar-les en una base de dades i possibilitar la seva visualització mitjançant una pàgina web.

La plataforma que farà possible aquest processament de dades està formada pels següents elements:

- Raspberry Pi
- Mòdul Xbee PRO S1 amb adaptador

Les connexions entre aquests dos elements es poden observar en la següent figura:

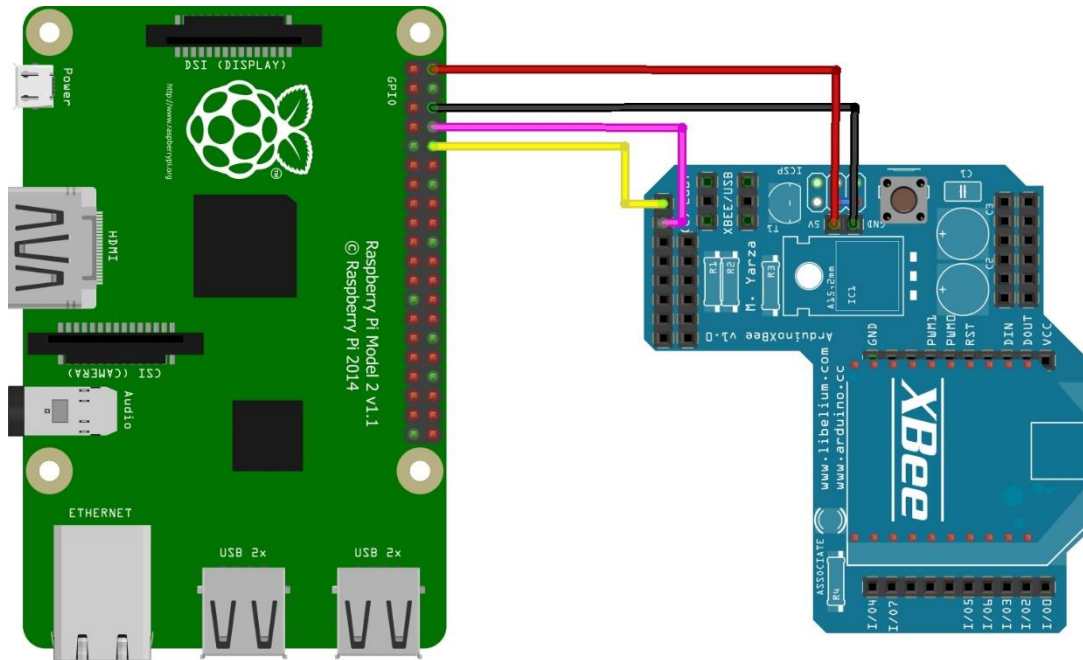


Figura 63: Esquemàtic de la part del processament de dades

fritzing

#### 5.4.1 Raspberry Pi

La Raspberry s'encarrega d'anar demanar les dades als Arduinos. Cada 5 minuts, envia una senyal als Arduinos que consisteix en un símbol "@". Aquesta senyal vol dir que els Arduinos han d'estar atents perquè els hi arribarà un número que serà un identificador i quan aquest coincideixi amb el seu, hauran d'enviar les dades dels sensors. La Raspberry envia tots els identificadors de manera consecutiva abans d'esperar els 5 minuts. A mesura que va rebent les dades afegeix l'hora i la data en que han estat agafades i també afegeix l'identificador de l'Arduino que les ha passat. Un cop té tot això, guarda les dades a la base de dades.

Més endavant s'explicarà el procés de la visualització d'aquestes dades.

A més a més la Raspberry, abans de guardar les dades rebudes dels diferents Arduinos, primer les analitza per comprovar que tots els valors obtinguts són correctes i no preocupants pel benestar animal. Si algun d'aquests valors no compleix amb els requisits s'envia un correu electrònic dient a quin dispositiu correspon aquest valor i també s'envia quin és aquest valor.

#### 5.4.2 Mòdul Xbee PRO S1

A diferència del prototip funcional, i com es pot observar en la figura anterior, l'Xbee no es connecta directament a la Raspberry sinó que porta incorporat un adaptador. D'aquesta manera no fa falta crear una nova placa per adaptar-lo. Aquest adaptador s'alimenta a 5V, així que no fa falta ficar cap regulador de tensió com s'ha tingut de fer en el prototip.

El adaptador té la següent forma:

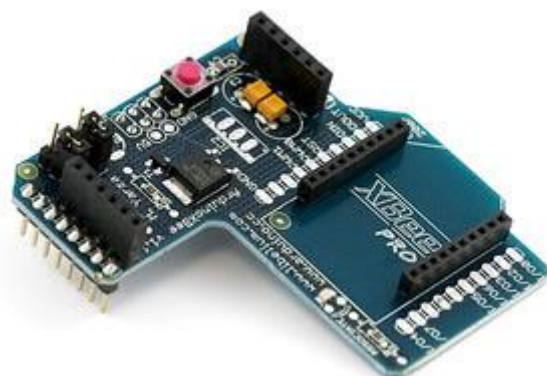


Figura 64: Adaptador pel mòdul Xbee PRO S1

Les connexions necessàries són només 4. L'alimentació mitjançant la Raspberry, el GND i els pins RX i TX. Aquests dos pins es connecten als pins RX i TX de la Raspberry.

## **5.5 Consum Raspberry - SERVIDOR**

Com ja s'havia realitzat en l'apartat 5.3, es calcula el consum que tindrà la part del processament de dades amb el mateix procediment. Si es calcula el consum de la Raspberry connectada amb el mòdul de radiofreqüència Xbee PRO S1 en fase de repòs s'obté un consum d'aproximadament 300mA.

Quan la Raspberry es troba en la fase d'enviar informació, el seu consum augmenta aproximadament fins uns 500mA. Com ja passava amb la part del prototip funcional, aquesta fase es produeix cada 5 minuts. Per tant en una hora es repetirà unes 12 vegades.

Com s'ha fet amb el consum del prototip, també es realitza una taula per poder visualitzar més còmodament el consum corresponent al Servidor:

COMPONENTS	CONSUM REPÓS	CONSUM FUNCIONAMENT
<b>Xbee PRO S1</b>	55 mA	250 mA
<b>SERVIDOR</b>	300 mA	500 mA

Figura 65: Taula del consum del Servidor

## 5.6 Programació del mòdul de sensor i del servidor

### 5.5.1 Programació del Arduino

El primer que es va haver de fer va ser configurar l'ordinador per a que detectes l'Arduino ja que aquest tipus de microcontrolador no ve definit per defecte al software IDE i s'han d'instal·lar uns drivers per tal de que el detecti. Després de buscar informació sobre el funcionament dels sensors també es va tenir que instal·lar diferents llibreries per tal de poder llegir correctament les dades.

La major dificultat que vam tenir va ser el calibratge del sensor de gas MQ135 ja que en un sol sensor s'havia de detectar dos gasos diferents. Per detectar tant el gas amoníac com el gas diòxid de carboni es va decidir obtenir les equacions característiques de les gràfiques dels datasheets per tal de rebre les dades. En l'annex 10.1 és pot observar aquestes corbes característiques. Obtenint aquestes equacions, donant-li al valor de la x el valor que ens dona el sensor podem obtenir el valor de ppm corresponent a la concentració de amoníac i CO2 amb cadascuna de les seves equacions corresponents. En la següent gràfica es pot observar la regressió de punts realitzada a partir de les gràfiques del datasheet del sensor MQ135:

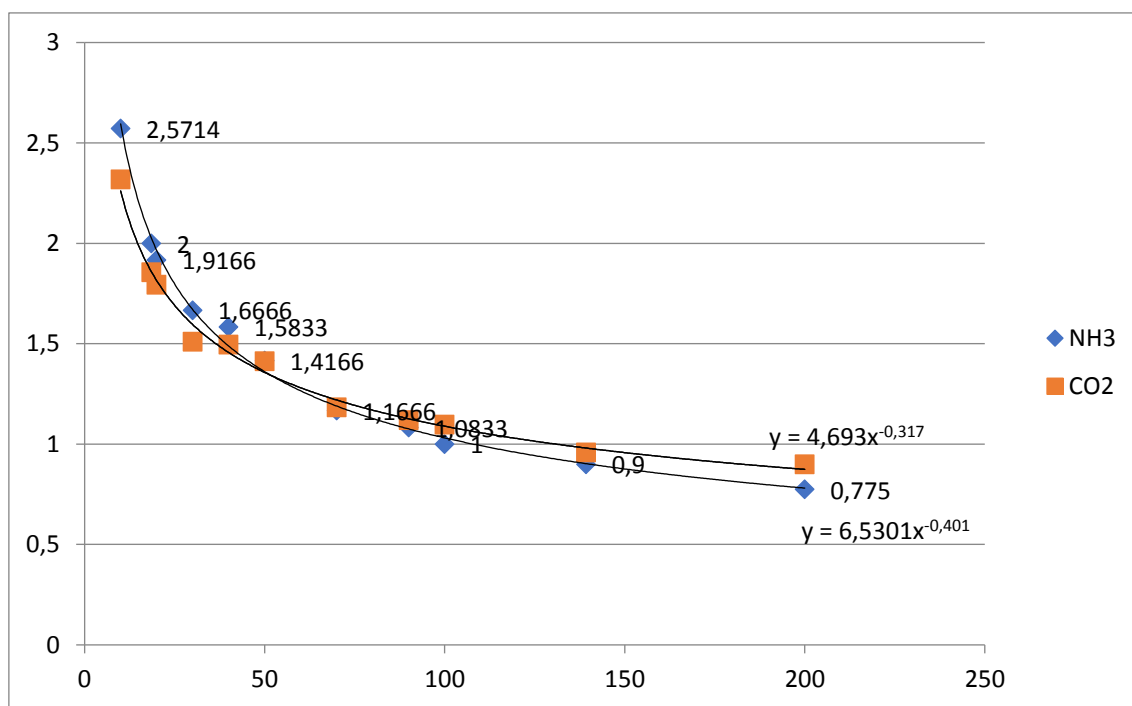


Figura 66: Gràfic amb la regressió de punts del sensor MQ135

Com es pot observar, l'equació corresponent al gas amoníac és  $y = 6,5301 \cdot x^{-0,401}$  i l'equació del CO2 és  $y = 4,693 \cdot x^{-0,317}$ . A partir d'aquestes equacions ja es pot calcular els valors de concentració de cada gas.



Una de les altres dificultats va ser la connexió entre els diferents Xbee ja que qualsevol salt de línia o temps d'espera feien variar el resultat i no s'establí la connexió idònia per transmetre les dades.

En els fitxers adjunts a la memòria del projecte és pot observar tot el codi pertanyent a l'Arduino amb els diferents comentaris que expliquen cadascuna de les parts més rellevants.

### **5.5.2 Programació de la Raspberry**

Abans de començar la programació del codi es va tenir que instal·lar el sistema operatiu a la Raspberry. Per fer-ho s'ha de descarregar el sistema operatiu RASPBIAN mitjançant la web oficial de Raspberry Pi. Un cop descarregada es guarda a una targeta SD que després s'introdueix a la Raspberry. Com que en aquest projecte és necessari la utilització de la data i l'hora també es va tenir que configurar aquests paràmetres.

Després de tot aquest procés la Raspberry ja estava configurada per poder realitzar el codi.

El codi de la Raspberry està format bàsicament per dos arxius principals programats en llenguatge Python i que s'han d'executar interrompudament al mateix temps. En els fitxers adjunts es troba el fitxer que conté el primer codi, anomenat "Rebre\_Dades.py", que és l'encarregat de rebre les dades, analitzar-les i enviant correus d'alerta quan sigui necessari i també s'encarrega de guardar aquestes dades en una base de dades amb format Sqlite3. Pel que fa referència a la part d'enviar els correus d'alerta s'ha creat una Classe on es configura tot el programari necessari per tal de poder enviar aquests correus. Aquesta configuració es basa en introduir el correu i contrasenya de l'emissor, el correu a qui van dirigits i el format que ha de tenir l'email.

Després en els fitxers adjunts a la memòria del projecte es pot observar el segon codi principal, anomenat "web\_server.py", que és el que s'ocupa de penjar les dades a una pàgina web mitjançant llenguatge Python però cridant fitxers programats en llenguatge HTML i Javascript i que es troben en la carpeta anomenada "templates" dins dels fitxers adjunts a la memòria del projecte.

Aquests últims fitxers són els que fan possible la creació de la pàgina web que s'explicarà en el següent punt.

## **5.6 Entorn web**

Com ja s'ha anat esmentant anteriorment, la manera utilitzada per poder visualitzar les diferents dades d'aquest projecte és una pàgina web. Aquesta es regula i es va actualitzant mitjançant la



Raspberry. Com que aquest projecte no és un treball finançat i no està dissenyat per comercialitzar-lo, no es va fer una pàgina web amb un domini propi sinó que es va optar per utilitzar una pàgina web on només es pot entrar si els dispositius estan connectats a la mateixa xarxa que el servidor web, en aquest cas la Raspberry. Per tal de poder entrar a la pàgina cal introduir al navegador web la IP de la Raspberry seguida de ":5000". El procediment de connectar-se a la pàgina web mitjançant la IP correspon al següent tros de codi que es pot observar a continuació i com s'ha dit anteriorment, el codi sencer es troba en els fitxers adjunts:

```
if __name__ == '__main__':  
    app.debug = True  
    app.run("0.0.0.0")
```

Figura 67: Part del codi Python on s'inicialitza la pàgina web

Com es pot veure, aquest tros de codi és un bucle infinit i és el que fa que la web estigui accessible sempre i quan la Raspberry estigui en funcionament.

Aquest sistema de creació de la pàgina web és una bona manera de crear-la sempre i quan sigui en un projecte com aquest ja que si aquest projecte tingués una major dimensió s'hauria de buscar una altra manera de gestionar aquesta web.

Per realitzar la creació d'aquesta pàgina web s'ha utilitzat el llenguatge Python per la programació del codi principal on es crea la web i es gestiona les dades que s'han d'extreure de la base de dades per tal de visualitzar-les. També s'ha utilitzat el llenguatge HTML i Javascript per tal de crear les diferents pàgines web i ensenyar al usuari d'una manera ordenada i neta les dades del projecte.

### **5.6.1 Navegació pel directori web**

Un cop s'accedeix a la web mitjançant la IP de la Raspberry, el primer que s'observa és una pàgina d'inici on es demana un usuari i contrasenya per poder continuar:



Figura 68: Pàgina inicial de l'entorn web

Si s'ha introduït correctament les dades demandades, s'accedeix a la pàgina principal on es pot observar un menú desplegable amb les diferents opcions:



Figura 69: Menú principal de la pàgina web

Com es pot veure a la imatge anterior, aquest menú consta de quatre opcions principals. Les dues més importants són les que s'anomenen "Historial Dades" i "Gràfics" ja que són les opcions que ens permetran visualitzar les dades ambientals de la nau.

Quan es col·loca el cursor sobre "Historial Dades" apareixen dues opcions més:



Figura 70: Opció historial de dades

Qualsevols de les dues opcions ens mostrarà una taula de les diferents dades ordenades per dia i hora i amb l'identificador de cadascun dels Arduinos als que els hi corresponen aquestes dades. La diferència entre les dues opcions és que el "Històric" mostra una taula amb totes les dades que s'han anat obtenint des del primer moment mentre que si es tria la opció de "Històric per dia" es mostra la següent pàgina:

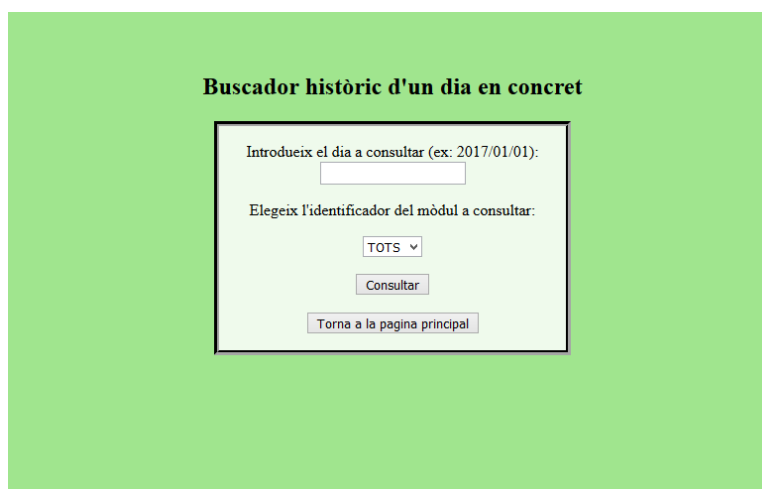


Figura 71: Pàgina on es pot triar un dia i mòdul en concret

En aquesta pàgina es pot ficar una data i l'identificador de un dels Arduinos i només es visualitzaran les dades del dia i l'identificador seleccionat. També hi ha l'opció de poder elegir tots els dispositius a la vegada. Les taules de dades que es mostraran seran com les que es poden veure a continuació:



Taula de les Dades dels Sensors							
Id. Modul Sensors	Data	Hora	Temp.(°C)	Humitat(%)	Il·lum.(lux)	Diòxid(ppm)	Amoniac(ppm)
0	2017/06/14	11:15:40	28.5	61.2	1432	400.26	3.1
1	2017/06/14	11:15:40	28.9	59.1	1509	489.12	2.4
0	2017/06/14	11:20:36	28.6	62.3	1503	412.63	3.22
1	2017/06/14	11:20:36	29	61.3	1469	452.31	2.79
0	2017/06/14	11:25:38	29.1	63.1	1597	374.01	3.82
1	2017/06/14	11:25:38	28.5	62.2	1519	398.38	3.02
0	2017/06/14	11:30:41	28.8	67.3	1315	346.25	3.26
1	2017/06/14	11:30:41	28.6	64.2	1563	364.46	3.51
0	2017/06/14	11:35:35	29.4	65.8	1461	407.81	3.89
1	2017/06/14	11:35:35	29.1	63.7	1492	319.72	3.02

[Torna a la pàgina principal](#)

Figura 72: Mostra d'una taula de dades

L'altra opció important és la de "Gràfics". Un cop es col·loca el cursor a sobre, s'obren les següents opcions:



Figura 73: Opció gràfics de dades

Es pot observar que es pot escollir els diferents paràmetres ambientals que s'estan controlant i l'opció de gràfics en viu. Si es tria aquesta ultima opció s'obra una pàgina on es poden observar tots els paràmetres a la vegada distribuïts en 5 gràfics diferents i en cadascun d'ells es diferencien els diferents dispositius que estan en funcionament. La pàgina té el següent aspecte:

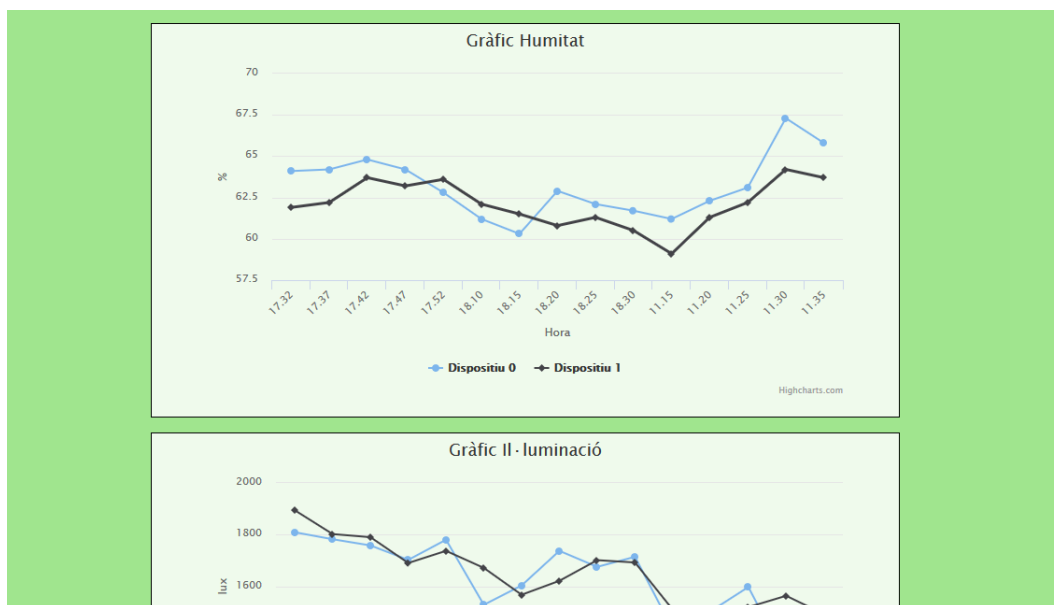
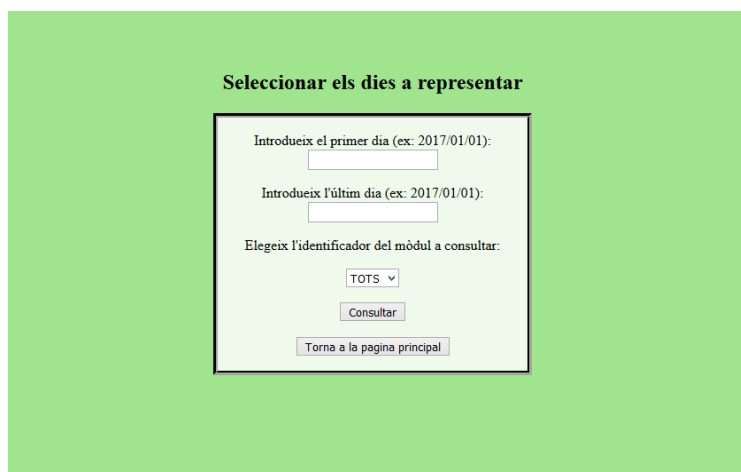


Figura 74: Mostra de gràfics en viu

Aquesta opció té aquest nom ja que el que es pot visualitzar en els gràfics són les dades que s'han obtingut durant les dues últimes hores. En la imatge no es ben bé així ja que per visualitzar les últimes dos hores hauria d'estar en funcionament contínuament i ara només està en proves així que el que es veuen són els últims valors obtinguts però no corresponen a dos hores seguides.

Si enlloc d'escollir aquesta opció es tria qualsevol dels paràmetres s'obra la següent pàgina:



The form is titled 'Seleccionar els dies a representar'. It contains the following fields and buttons:

- Introdueix el primer dia (ex: 2017/01/01):
- Introdueix l'últim dia (ex: 2017/01/01):
- Elegeix l'identificador del mòdul a consultar:
- 
- 

Figura 75: Pàgina on es tria un rang de dies i mòdul concret pel gràfic

En aquesta pàgina es pot introduir el rang de dies que es vol veure representat a la gràfica del paràmetre que s'ha seleccionat. També com passa en el cas de la taula de dades es pot escollir un dels identificadors de cada mòdul o bé tots a la vegada. La gràfica que es podria observar seria de la següent forma:

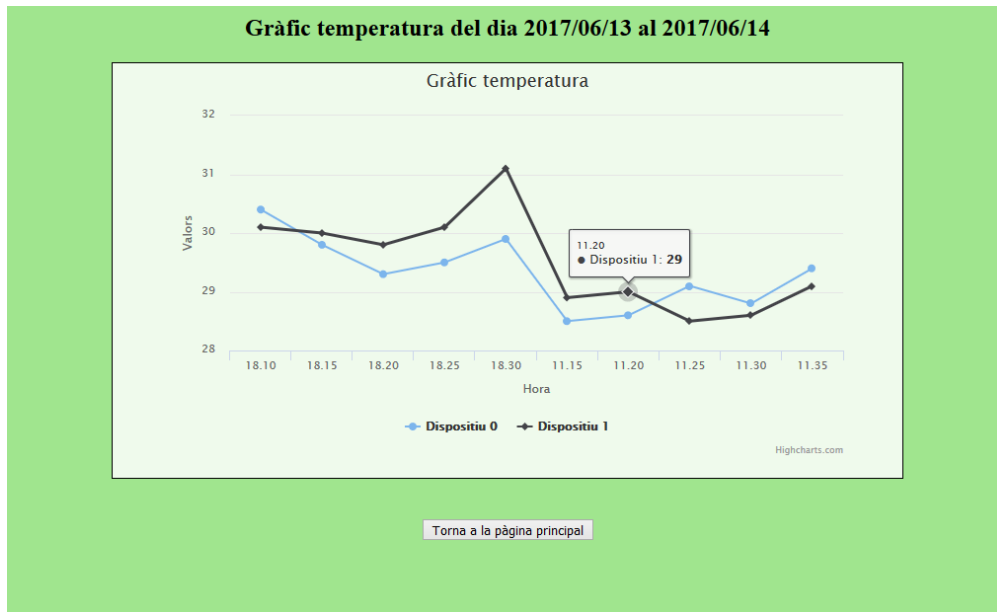


Figura 76: Mostra d'un gràfic en un rang de dates determinat

Ja per acabar, les dues altres opcions que es poden seleccionar al menú principal són les anomenades "Contacte" i "Desconnectar". Si es tria aquesta segona opció la web torna a la pàgina inicial i s'ha de tornar a introduir l'usuari i contrasenya si es vol tornar a entrar. Si el que es tria és l'opció de "Contacte" es redirigeix la web a una nova pàgina on es pot observar les dades dels autors de la pàgina web:



Figura 77: Pàgina on es mostren les dades dels autors de la web

## 6. PROVES DE CAMP

### 6.1 Emplaçament de l'explotació avícola

Per dur a terme les proves de camp s'ha instal·lat el prototip en una nau avícola real. Aquesta nau està ubicada al terme de Bellcaire d'Urgell, comarca de la Noguera, Lleida.



Figura 78: Situació de l'explotació avícola

El procediment que es va seguir va ser col·locar els dos dispositius alimentats per una bateria externa i es van deixar durant un determinat temps en funcionament per tal de recaptar diferents dades.

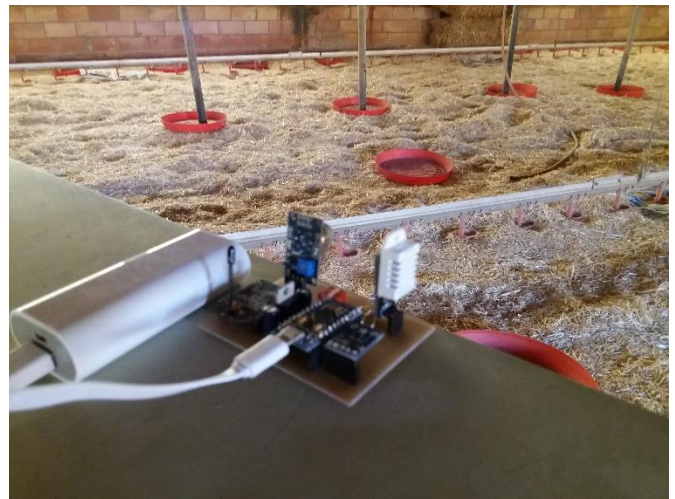
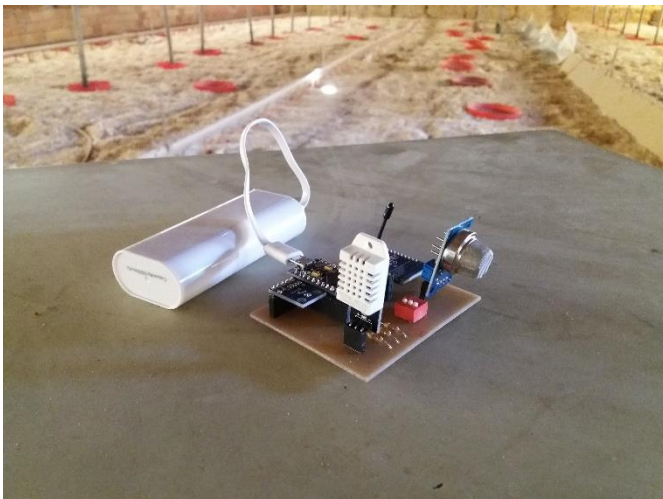


Figura 79: Imatge de la col·locació del prototip dins la nau

## 6.2 Resultats proves de camp

En la següent taula es poden observar els diferents resultats obtinguts durant les proves realitzades al prototip:

IDENT.	DATA	HORA	TEMP.	HUMITAT	IL·LUM.	CO2	NH3
0	2017/06/12	17:17:26	31.20°C	63.30%	1894 lux	3.61 ppm	367.11 ppm
1	2017/06/12	17:17:26	31.60°C	64.10%	1890 lux	3.83 ppm	371.75 ppm
0	2017/06/12	17:32:43	31.40°C	64.10%	1809 lux	3.30 ppm	361.81 ppm
1	2017/06/12	17:32:43	31.10°C	61.90%	1894 lux	3.61 ppm	366.45 ppm
0	2017/06/12	17:37:17	31.30°C	64.20%	1782 lux	3.58 ppm	363.75 ppm
1	2017/06/12	17:37:17	31.50°C	62.20%	1802 lux	3.68 ppm	369.67 ppm
0	2017/06/12	17:42:19	31.10°C	64.80%	1758 lux	3.41 ppm	348.18 ppm
1	2017/06/12	17:42:19	31.30°C	63.70%	1790 lux	3.79 ppm	362.02 ppm
0	2017/06/12	17:47:30	31.00°C	64.20%	1702 lux	3.29 ppm	333.25 ppm
1	2017/06/12	17:47:30	31.20°C	63.20%	1690 lux	3.56 ppm	351.36 ppm
0	2017/06/13	18:10:57	30.40°C	61.20%	1528 lux	3.11 ppm	303.20 ppm
1	2017/06/13	18:10:57	30.10°C	62.10%	1671 lux	3.00 ppm	310.12 ppm
0	2017/06/13	18:15:24	29.80°C	60.30%	1603 lux	3.68 ppm	320.63 ppm
1	2017/06/13	18:15:24	30.00°C	61.50%	1567 lux	2.86 ppm	323.64 ppm
0	2017/06/13	18:20:24	29.30°C	62.90%	1737 lux	3.10 ppm	347.92 ppm
1	2017/06/13	18:20:24	29.80°C	60.80%	1621 lux	2.56 ppm	301.99 ppm
0	2017/06/13	18:25:30	29.50°C	62.10%	1675 lux	3.26 ppm	321.23 ppm
1	2017/06/13	18:25:30	30.10°C	61.30%	1701 lux	2.93 ppm	317.89 ppm
0	2017/06/13	18:30:36	29.90°C	61.70%	1714 lux	3.71 ppm	349.26 ppm
1	2017/06/13	18:30:36	31.10°C	60.50%	1692 lux	2.79 ppm	339.09 ppm
0	2017/06/14	11:15:40	28.50°C	61.20%	1432 lux	3.10 ppm	400.26 ppm
1	2017/06/14	11:15:40	28.90°C	59.10%	1509 lux	2.40 ppm	489.12 ppm
0	2017/06/14	11:20:36	28.60°C	62.30%	1503 lux	3.22 ppm	412.63 ppm
1	2017/06/14	11:20:36	29.00°C	61.30%	1469 lux	2.79 ppm	452.31 ppm
0	2017/06/14	11:25:38	29.10°C	63.10%	1597 lux	3.82 ppm	374.01 ppm
1	2017/06/14	11:25:38	28.50°C	62.20%	1519 lux	3.02 ppm	398.38 ppm
0	2017/06/14	11:30:41	28.80°C	67.30%	1315 lux	3.26 ppm	346.25 ppm
1	2017/06/14	11:30:41	28.60°C	64.20%	1563 lux	3.51 ppm	364.46 ppm
0	2017/06/14	11:35:35	29.40°C	65.80%	1461 lux	3.89 ppm	407.81 ppm
1	2017/06/14	11:35:35	29.10°C	63.70%	1492 lux	3.02 ppm	319.72 ppm
0	2017/06/15	09:00:08	28.30°C	67.00%	1212 lux	4.10 ppm	363.22 ppm
1	2017/06/15	09:00:08	28.10°C	66.30%	1326 lux	3.82 ppm	310.61 ppm
0	2017/06/15	09:05:11	28.80°C	66.40%	1306 lux	3.80 ppm	331.75 ppm
1	2017/06/15	09:05:11	28.52°C	65.10%	1358 lux	3.14 ppm	340.36 ppm
0	2017/06/15	09:10:20	28.50°C	64.20%	1496 lux	3.69 ppm	346.81 ppm
1	2017/06/15	09:10:20	28.30°C	63.30%	1456 lux	3.61 ppm	369.85 ppm
0	2017/06/15	09:15:25	28.70°C	63.80%	1405 lux	3.54 ppm	319.73 ppm
1	2017/06/15	09:15:25	28.80°C	63.50%	1398 lux	3.27 ppm	319.03 ppm
0	2017/06/15	09:20:34	28.70°C	62.60%	1236 lux	3.22 ppm	364.23 ppm
1	2017/06/15	09:20:34	28.60°C	63.20%	1322 lux	3.45 ppm	325.65 ppm

Figura 80: Taula de diferents valors de prova obtinguts

A continuació, per observar si les dades s'havien guardat correctament a la base de dades es va procedir a visualitzar-les mitjançant la pàgina web. Per exemple es va visualitzar les dades del dia 14 de Juny del 2017:

Id. Mòdul Sensors	Data	Hora	Temp.(°C)	Humitat(%)	Il·lum.(lux)	Diòxid(ppm)	Amoniac(ppm)
0	2017/06/14	11:15:40	28.5	61.2	1432	400.26	3.1
1	2017/06/14	11:15:40	28.9	59.1	1509	489.12	2.4
0	2017/06/14	11:20:36	28.6	62.3	1503	412.63	3.22
1	2017/06/14	11:20:36	29	61.3	1469	452.31	2.79
0	2017/06/14	11:25:38	29.1	63.1	1597	374.01	3.82
1	2017/06/14	11:25:38	28.5	62.2	1519	398.38	3.02
0	2017/06/14	11:30:41	28.8	67.3	1315	346.25	3.26
1	2017/06/14	11:30:41	28.6	64.2	1563	364.46	3.51
0	2017/06/14	11:35:35	29.4	65.8	1461	407.81	3.89
1	2017/06/14	11:35:35	29.1	63.7	1492	319.72	3.02

Figura 81: Taula dels valors del dia 14/06/2017

Com es pot observar, els valors que hi ha són els mateixos que en la taula anterior. Això significa que s'han guardat correctament a la base de dades.

A més a més, per comprovar el correcte funcionament dels gràfics de la pàgina web també es va procedir a visualitzar aquestes dades juntament amb les dades del dia 13/06/2017:

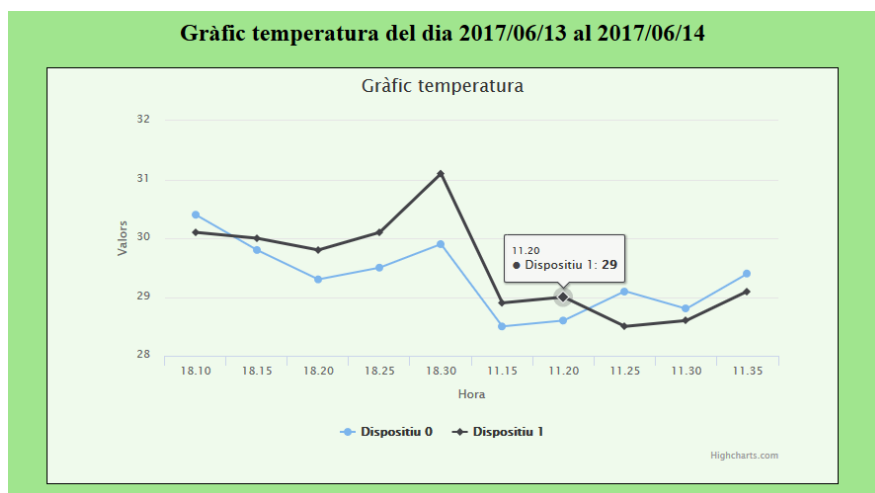


Figura 82: Gràfic dels valors del dia 13 i 14 de Juny

Com es veu a la gràfica, els valors dibuixat a la gràfica corresponen als valors introduïts i que estan representats en les taules anteriors.

Finalment, també es va introduir diferents valors dels paràmetres ambientals que estiguessin fora del rang adequat per tal de poder observar que el funcionament dels correus d'alerta fos el correcte. Alguns dels resultats obtinguts es poden observar a continuació:



**Figura 83: Correus d'alerta rebuts**

Un cop realitzat totes aquestes proves es pot concloure que el funcionament del projecte és el que es buscava ja que la pressa de dades i la seva visualització funciona correctament.

Aquestes proves s'han anat realitzant de manera continuada al llarg del transcurs del projecte per anar observant que les diferents implementacions noves no afectessin al correcte funcionament de les ja existents.



## 7. PRESSUPOST

Per a la realització del pressupost de tot el projecte s'han avaluat dos principals punts. El primer té en compte el cost dels components tant del prototip funcional com la part de processament de dades i pel que fa al segon punt es té en compte el cost d'enginyeria, és a dir, el disseny del prototip i les hores destinades a la fabricació d'aquest i les hores empleades per la programació de tot el codi.

### 7.1 Cost dels components

#### 7.1.1 Prototip funcional - CLIENT

En aquesta part es té en compte els materials utilitzats per la realització del prototip funcional, és a dir, la part encarregada de captar les dades dels diferents paràmetres ambientals i està governada per l'Arduino.

En la següent taula es pot observar de manera desglossada els diferents costos de cadascun dels components:

Num.	Descripció	Botiga	Quant.	Preu	Import
<b>0. Prototip Funcional</b>					
1	ARDUINO PRO MICRO 5V 16Mhz	Electro y mas	1	24.08 €	24.08 €
2	Sensor MQ135	Electro y mas	1	3.18 €	3.18 €
3	Sensor DHT22	Nouteclab	1	4.69 €	4.69 €
4	Sensor BH1750	Nouteclab	1	2 €	2 €
5	Mòdul Xbee PRO S1	Aliexpress	1	44.84 €	44.84 €
6	Adaptador pins 2mm Xbee	Troncalia	1	1 €	1 €
7	Tira de 40 pins 2.54mm	Ebay	2	0.75 €	1.50 €
8	Regulador tensió LM1117	Ebay	1	1 €	1 €
9	Interruptor DIP 3 Vies Mini	Ebay	1	0.50 €	0.50 €
10	Resistències 4k7	Telesa	3	0.10 €	0.30 €





11	Condensador 100µF	Telesa	2	0.80 €	1.60 €
12	Placa fotores. 60x80 fibra de vidre	Telesa	1	2.25 €	2.25 €

<b>TOTAL del Protoip Funcional:</b>	<b>86.94 €</b>
-------------------------------------	----------------

Figura 84: Cost del material del prototip funcional

### 7.1.2 Part del processament de dades - SERVIDOR

Aquesta és la part relacionada amb el processament de dades, és a dir, la part corresponent a la Raspberry. En la següent taula es pot observar els diferents costos:

Num.	Descripció	Botiga	Quant.	Preu	Import
<b>0. Part Processament de Dades</b>					
1	Raspberry Pi model 2B	PcComponentes	1	43.70 €	43.70 €
2	Mòdul Xbee PRO S1	Aliexpress	1	44.84 €	44.84 €

<b>TOTAL Part Processament Dades:</b>	<b>88.54 €</b>
---------------------------------------	----------------

Figura 85: Cost del material de la part del processament de dades

### 7.1.3 Cost total dels components

El preu del prototip funcional calculat al principi d'aquest apartat és el preu total d'un sol prototip funcional. En aquest projecte s'han fabricat dos prototips encara que el projecte està adaptat per qualsevol nombre de prototips.

Tenint present això, el preu total de la part corresponent al cost dels components es pot observar següidament:

	<b>COST FINAL</b>
<b>Prototip Funcional (x2)</b>	173.88 €
<b>Part Processament de Dades</b>	88.54 €
<b>COST TOTAL DELS COMPONENTS:</b>	<b>262.42 €</b>

Figura 86: Cost total dels components del projecte

## 7.2 Cost de l'enginyeria

En aquesta part del pressupost s'ha tingut en compte les diferents hores per tal de realitzar tant el disseny del prototip com la fabricació d'aquest i la programació de tot el codi pel correcte



funcionament. En la següent taula es pot observar el resum de totes les tasques realitzades amb el seu corresponent cost:

Num.	Descripció	Hores	Preu/Hora	Import
<b>0. Disseny del Prototip</b>				
2.1	Idea del Producte	8 h	18 €/h	144 €
2.2	Estudi de Mercat	6 h	12 €/h	72 €
2.3	Idea del funcionament	7 h	15 €/h	105 €
<b>TOTAL Disseny del Prototip:</b>				<b>321 €</b>
<b>1. Fabricació del Prototip</b>				
3.1	Proves a la protoboard	10 h	20 €/h	200 €
3.2	Creació placa PCB	5 h	25 €/h	125 €
3.3	Proves funcionament placa	2 h	15 €/h	30 €
<b>TOTAL Fabricació del Prototip:</b>				<b>355 €</b>
<b>2. Programació del Codi</b>				
4.1	Disseny estructura general	10 h	15 €/h	150 €
4.2	Codi Arduino	14 h	20 €/h	280 €
4.3	Raspberry part guardar dades	8 h	20 €/h	160 €
4.4	Raspberry part pàgina web	24 h	20 €/h	480 €
4.5	Proves codi conjunt	4 h	10 €/h	40 €
<b>TOTAL Programació del Codi:</b>				<b>1110 €</b>

Figura 87: Costos desglossats de l'enginyeria



Si ajuntem tots aquests costos obtindrem el cost total pertanyent a la part de l'enginyeria:

	COST FINAL
Disseny del Prototip	321 €
Fabricació del Prototip	355 €
Programació del Codi	1110 €
<b>COST TOTAL D'ENGINYERIA:</b>	<b>1786 €</b>

Figura 88: Cost total de l'enginyeria

### 7.3 Resum total dels costos

Per saber el cost total del projecte s'han de sumar les dues parts desglossades en els apartats anteriors.

Aquest resum de costos està pensat pel projecte realitzat en aquesta memòria, si es vulgues afegir algun altre dispositiu on es troben els sensors només s'hauria de sumar el cost corresponent a la part dels components ja que la part de programació no s'hauria de modificar en excés perquè el projecte està pensat per poder instal·lar un nombre més elevats de dispositius.

En la següent taula es pot observar la suma total dels costos referents a aquest projecte:

	COST FINAL DEL PROJECTE
Cost dels Components	262.42 €
Cost de l'Enginyeria	1786 €
<b>COST TOTAL DEL PROJECTE:</b>	<b>2048.42 €</b>

Figura 89: Cost total del projecte



## 8. CONCLUSIONS I TREBALL FUTUR

---

### 8.1 Conclusions

L'objectiu principal del treball era dissenyar una plataforma per tal de poder controlar els diferents paràmetres ambientals d'una nau avícola amb la finalitat d'obtenir un benestar òptim pels animals que hi viuen.

Per aconseguir aquest objectiu s'ha tingut de realitzar els diferents punts:

- 1- Un estudi per tal de saber quins punts són els més rellevants per la vida animal en una nau avícola i un estudi del mercat per trobar els dispositius adients per tal de dur a terme el projecte.
- 2- Un cop triats tots els components es va haver de fer el disseny i la creació del prototip.
- 3- A l'hora, també es va haver de realitzar la programació del codi necessari tant en llenguatge Python com en C.
- 4- Finalment es va dissenyar l'entorn web per tal de poder visualitzar les dades obtingudes.

Gràcies a la realització de totes aquestes tasques s'ha pogut assolir l'objectiu principal que es va definir des del principi.

De tota la realització del projecte, la part més complexa però alhora més interessant ha estat la programació del codi corresponent al processament i visualització de dades ja que ens ha obligat a aprendre un nou llenguatge de programació com és el Javascript i també ens ha ajudat a reforçar el nivell de la programació en llenguatge Python i HTML. També una de les parts més engrescadores ha estat la creació del prototip funcional perquè ens va permetre veure una evolució real del projecte.

Un cop finalitzat el projecte ens hem adonat que pot ser un projecte interessant per a diferents sectors ja que principalment està pensat per ser instal·lat en una explotació avícola però també pot ser extrapolable a diferents àmbits com una nau industrial o bé, sense anar massa lluny, en un habitatge qualsevol. A més a més creiem que la part de la visualització de dades a través d'una pàgina web és un punt interessant ja que facilita l'accessibilitat d'aquestes dades des de qualsevol lloc sense necessitat de estar present a la nau.

Si més no, aquest projecte també té algunes limitacions com pot ser la impossibilitat d'actuar sobre els diferents paràmetres ambientals ja que només ens centrem amb la recaptació de dades i la seva visualització. Un altre punt que s'hauria de desenvolupar més és l'alimentació dels diferents dispositius de dins la nau ja que ara s'alimenten a través d'una connexió per cable



MicroUSB i a l'hora d'instal·lar-los a la nau hi podria haver problemes en fer arribar l'alimentació per mitja d'aquesta via. Dit això, també s'ha pensat que una solució podria ser la implantació de bateries externes per tal d'alimentar cada dispositiu.

Gràcies a la realització d'aquest projecte hem tingut la possibilitat d'enfrontar-nos a problemes que ens sorgiran en el nostre futur laboral com és el plantejament d'un problema, saber buscar una solució òptima i passar de la simple idea a un projecte real. També ens ha ajudat a ampliar nous horitzons respecte als coneixements assolits durant el transcurs de tot el Grau i ampliar els ja apresos.

Finalment, ha estat uns mesos de treball intens però el resultat ha valgut la pena ja que el resultat obtingut ens fa sentir molt satisfets.

## **8.2 Treball futur**

A mesura que s'ha anat avançant en el desenvolupament del projecte s'han anat observant diferents idees que complementarien les ja fetes. Algunes d'aquestes idees són:

- Disseny i creació d'un sistema de seguretat pel prototip funcional com podria ser una caixa i un suport on poder-la instal·lar.
- Implementar tot el projecte amb un sol microcontrolador ubicat a l'explotació i que ja tingues connexió a internet allí, cosa que ara és impossible perquè a la nau no es disposa d'internet.
- Implementar un sistema d'alimentació més comú al disseny del prototip per així tenir més facilitats a l'hora d'alimentar-los si el projecte finalment s'instal·la en alguna explotació.
- A partir de les dades obtingudes, desenvolupar un dispositiu que ens permeti actuar sobre les instal·lacions tant de ventilació, calefacció, il·luminació i humidificació perquè d'aquesta manera tot seria un procés automatitzat.
- Actualment el sistema d'alerta es fa mitjançant el correu electrònic. Una possible millora seria que l'alerta es pugues enviar via SMS o "Whatsapp" ja que és un sistema molt més accessible i fàcil de consultar.
- Si es vulgues una precisió més exacte, també s'hauria de buscar un sensor de gas més exacte ja que el sensor implementat en aquest projecte necessitaria d'un instrument que verifiqués si les dades que es generen són les correctes.
- Si el projecte tingues més pressupost, la pàgina web creada hauria de tenir un domini propi ja que d'aquesta manera seria accessible des de qualsevol xarxa.



## 9. BIBLIOGRAFIA

---

### Paràmetres importants en una nau avícola:

<http://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/07/el-ambiente-olvidado-la-composicion-del-aire-de-la-nave>

<http://seleccionesavicolas.com/avicultura/2016/04/las-naves-de-pollos-a-pares>

[http://www.asav.es/wp-content/uploads/2016/12/03\\_Control-Ambiental-Granjas-Broilers\\_CECAV.pdf](http://www.asav.es/wp-content/uploads/2016/12/03_Control-Ambiental-Granjas-Broilers_CECAV.pdf)

[http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/M anual-del-pollo-Ross.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/M anual-del-pollo-Ross.pdf)

<http://www.elsitioavicola.com/articles/2188/control-de-factores-ambientales-en-la-crianza-de-pollitos-2/>

### Components prototip:

- Tipus d'Arduinos

<https://www.luisllamas.es/que-es-arduino-que-modelo-comprar/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

- Sensors de temperatura i humitat

<https://www.luisllamas.es/arduino-dht11-dht22/>

<http://rduinostar.com/documentacion/datasheets/dht22-caracteristicas-am2302/>

<https://www.campbellsci.es/hc2s3>

[https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/DS18B20.html/tb\\_tab1](https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/DS18B20.html/tb_tab1)

<http://cetroniconline.blogspot.com.es/2014/07/tutorial-arduino-iv-sensor-de.html>

<http://datasheet.octopart.com/HH-4000-002-Honeywell-datasheet-62840.pdf>

<http://cab.inta-csic.es/remes/es/descripcion-del-instrumento/sensor-de-humedad-relativa-rhs/>

- Sensors d'il·luminació

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/44\\_Tutorial-m%C3%B3dulo-sensor-de-luz-BH1750.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/44_Tutorial-m%C3%B3dulo-sensor-de-luz-BH1750.html)

<http://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/tutorial-arduino-con-fotoresistencia-ldr/>



<http://ams.com/eng/Products/Light-Sensors/Light-to-Frequency/TSL237>

- Sensors de concentració de gas

<http://blog.hunabsys.com/sensor-mg811-co2-arduino/>

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/42\\_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html)

<http://www.trastejant.com/tutoriales/sensores-de-gas/>

<https://hackaday.io/project/3475-sniffing-trinket/log/12363-mq135-arduino-library>

<http://davigeroni.blogspot.com.es/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html#.WNzGfGclHIU>

[http://wiki.seeed.cc/Grove-Gas\\_Sensor-MQ2/](http://wiki.seeed.cc/Grove-Gas_Sensor-MQ2/)

- Mòduls de radiofreqüència

<http://www.tuelectronica.es/tutoriales/arduino/chat-inalambrico-con-arduinos-y-apc220.html>

<http://beetlecraft.blogspot.com.es/2015/10/tutorial-apc220.html>

<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=34517.0>

<http://www.tuelectronica.es/tutoriales/arduino/arduino-y-modulo-inalambrico-rf-apc220.html>

<http://benjad.github.io/2015/02/03/conexion-inalambrica-arduino/>

<https://geekytheory.com/tutorial-arduino-comenzando-con-xbee>

<http://robologs.net/2013/09/30/tutorial-rapido-de-xbee/>

[http://www.hmangas.com/Electronica/Datasheets/Shield%20XBee%20Arduino/XBee-Guia\\_Usuario.pdf](http://www.hmangas.com/Electronica/Datasheets/Shield%20XBee%20Arduino/XBee-Guia_Usuario.pdf)

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/zigbeexbee/>

<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/xbee-arduino-raspberry-pi-tutorial/>

<https://dzone.com/articles/connecting-xbee-raspberry-pi>

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/xbee/>

<https://mecatronicauaslp.wordpress.com/2013/07/14/tutorial-xbee-parte-4-xbee-arduino-softwareserial/>

<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/SoftwareSerialExample>

<https://www.peatonet.com/raspberry-pi-y-los-pines-gpio-controlar-otros-dispositivos-desde-puerto-serie/>



<http://blog.hunabsys.com/comunicacion-de-plataforma-xbee-con-raspberry-pi/>

[http://www.brettdangerfield.com/post/raspberrypi\\_temperature\\_monitor\\_project/](http://www.brettdangerfield.com/post/raspberrypi_temperature_monitor_project/)

<http://electronicsforu.com/electronics-projects/xbee-interfacing-raspberry-pi-model-2>

<http://www.internetdelascosas.cl/2015/05/31/creando-un-servidor-raspberry-pi-xbee-en-python-y-conectando-un-cliente-arduino-xbee/>

<https://michael.bouvy.net/blog/en/2013/04/02/raspberry-pi-xbee-uart-serial-howto/>

**Programació pàgina web:**

<http://soporte.miarroba.es/1364/1340334-ayuda-codigo-para-poner-fondo/>

[http://www.htmlpoint.com/guida/html\\_04.htm](http://www.htmlpoint.com/guida/html_04.htm)

<https://desarrolloweb.com/articulos/1384.php>

<https://jarroba.com/graficas-en-paginas-web-con-highcharts/>

<http://www.humblesoftware.com/flotr2/#!/basic-axis>

<https://www.mql5.com/es/articles/244>

<https://www.highcharts.com/demo>

<https://jarroba.com/graficas-en-paginas-web-con-highcharts/>

<https://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-graficar-la-temperatura-de-la-cpu-con-node-js-y-highcharts/>

<https://rolandocaldas.com/html5/indexeddb-tu-base-de-datos-local-en-html5>



## 10. ANNEXES

### 10.1 Datasheet sensor MQ135

#### TECHNICAL DATA

#### MQ-135 GAS SENSOR

##### FEATURES

Wide detecting scope      Fast response and High sensitivity  
Stable and long life      Simple drive circuit

##### APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, Benzene, smoke, CO<sub>2</sub>, etc.

##### SPECIFICATIONS

###### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	can adjust	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 800mw	

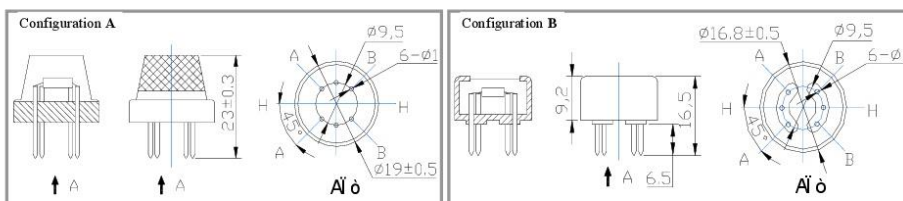
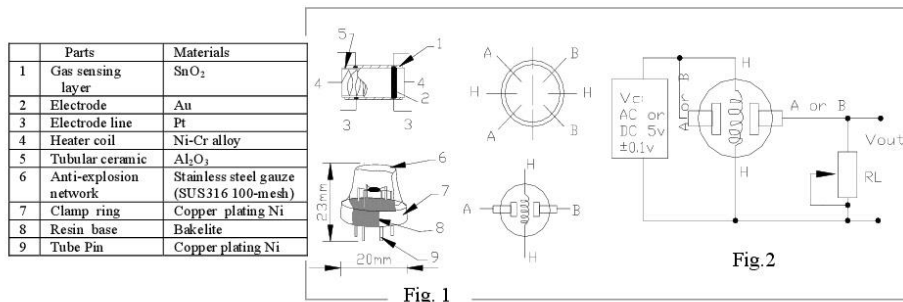
###### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10℃~45℃	minimum value is over 2%
Tas	Storage Tem	-20℃~70℃	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition) Oxygen concentration can affect sensitivity	

###### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Ramark 2
Rs	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH <sub>3</sub> )	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH <sub>3</sub> 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH <sub>3</sub>	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃±2℃ Vc:5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

###### D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

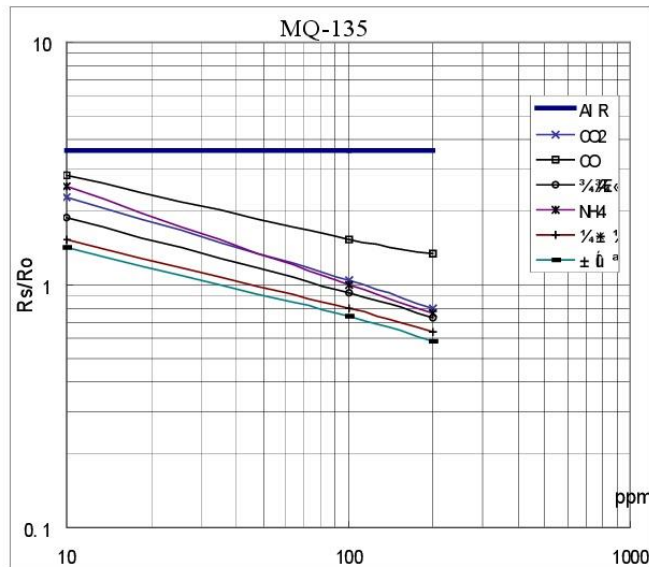


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20°C Humidity: 65% RH O<sub>2</sub> concentration 21% RL=20kΩ  
Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in the clean air.  
Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

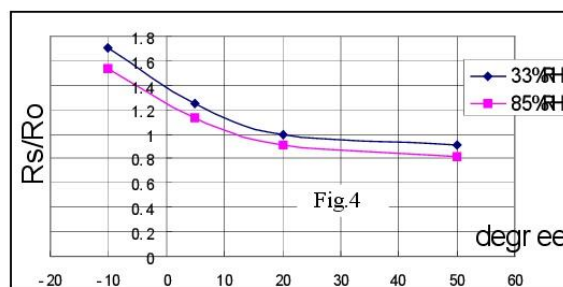
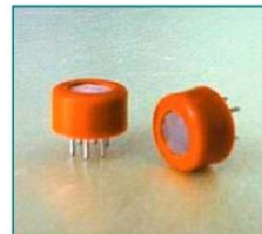


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in air at 33%RH and 20 degree.  
Rs: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> at different temperatures and humidities.

### SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH<sub>3</sub> or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R<sub>L</sub>) about 20 KΩ (10KΩ to 47 KΩ).

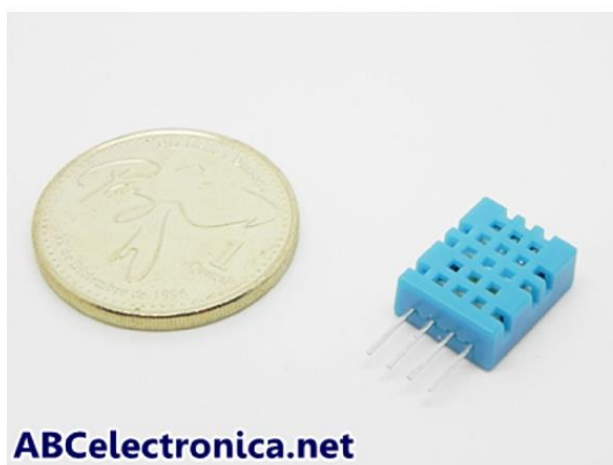
When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



## 10.2 Datasheet sensor DHT22

### Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22

Los sensores DHT11 y DHT22 son los más básicos y los más utilizados para implementarlos con Arduino, estos sensores están compuestos en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también constan de un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de analógico a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad.



DHT11



DHT22



## DHT11 vs DHT22

Aunque lucen físicamente similares y tiene la misma identificación de pines, estos poseen características diferentes:

### DHT11

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 20% a 80%
- Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C
- No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

### DHT 22

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 2% a 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 0.5°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 0% a 100%
- Capaz de medir temperatura de -40°C a 125°C
- No más de 0.5Hz en velocidad de muestreo (una vez cada dos segundos)
- Dimensiones: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

De acuerdo a las características es un sensor ligeramente más preciso y cuenta con un rango un poco mayor. Ambos utilizan un único pin digital de salida y son lentos en cierto aspecto, ya que no se puede consultar más de una vez cada uno o dos segundos.

## Conectando un sensor DHT

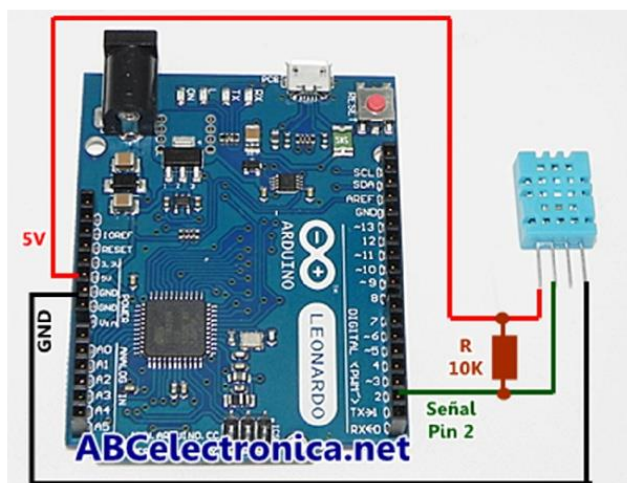
Los sensores DHT<sub>xxx</sub> cuentan con cuatros pines:

- VCC (3.3VDC A 5VDC) (pin 1)
- Salida de datos
- No se conecta (pin 3)
- GND



El pin 3 no se utiliza, y se debe de colocar una resistencia de 10K entre VCC y pin salida de datos, de esta manera se coloca en *pull up* y la lectura se hace sin problemas.

La siguiente imagen muestra la manera de conectar un DHT11 o un DHT22 a un Arduino UNO o LEONARDO (también un MEGA o NANO)





## 10.3 Datasheet mòdul Xbee

# XBee® & XBee-PRO® ZB

ZigBee® Embedded RF Module Family for OEMs

Embedded RF modules provide low-cost, low-power wireless connectivity using the ZigBee PRO Feature Set.



### Overview

XBee and XBee-PRO ZB embedded RF modules provide cost-effective wireless connectivity to devices in ZigBee mesh networks. Utilizing the ZigBee PRO Feature Set, these modules are interoperable with other ZigBee devices, including devices from other vendors\*.

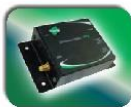
Products in the XBee family are easy to use. They require no configuration or additional development; users can have their network up and running in a matter of minutes.

Programmable versions of the XBee-PRO ZB module make customizing ZigBee applications easy. Programming directly on the module eliminates the need for a separate processor. Because the wireless software is isolated, applications can be developed with no risk to RF performance or security.

XBee modules are available in a variety of protocols and frequencies. The common hardware footprint shared by Digi's XBee modules means users can substitute one XBee for another with minimal development time and risk.

\*Interoperability requires the ZigBee Feature Set or ZigBee PRO Feature Set to be deployed on all devices. Contact Digi Support for details.

### Related Products



Gateways



Modules



Adapters



Development Kits



Network Extenders



Sensors

### Application Highlight

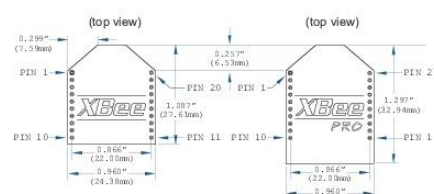
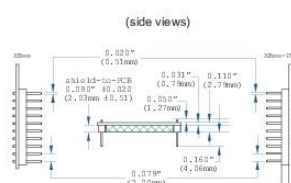
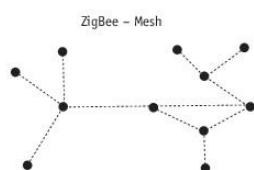


### Features/Benefits

- Interoperability with ZigBee compliant devices\*
- No configuration needed for out-of-the-box RF communications
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- ZigBee mesh networking protocol
  - Improved data traffic management
  - Remote firmware updates
  - Self-healing and discovery for network stability
- Programmable versions of the XBee-PRO ZB enable custom ZigBee application development
  - 8-bit Freescale™ 508 microprocessor brings intelligence to devices
  - CodeWarrior® development tools for easy customization



Platform	XBee® ZB	XBee-PRO® ZB	Programmable XBee-PRO® ZB
Performance			
RF Data Rate	250 Kbps		
Indoor/Urban Range	133 ft (40 m)	300 ft (90 m)	
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	400 ft (120 m)	2 miles (3200 m) / Int'l 5000 ft (1500 m)	
Transmit Power	1.25 mW (+1 dBm) / 2 mW (+3 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm) / Int'l 10 mW (+10 dBm)	
Receiver Sensitivity (1% PER)	-96 dBm in boost mode	-102 dBm	
Features			
Adjustable Power	Yes		
I/O Interface	3.3V CMOS UART, ADC, DIO	3.3V CMOS UART, SPI, I2C, PWM, DIO, ADC	
Configuration Method	API or AT commands, local or over-the-air		
Frequency Band	2.4 GHz		
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)		
Serial Data Rate	1200 bps - 1 Mbps		
ADC Inputs	(4) 10-bit ADC inputs		
Digital I/O	10		
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.FL, RPSMA	PCB Embedded Antenna, Wire Whip, U.FL, RPSMA	
Operating Temperature	-40° C to +85° C, 0-95% humidity non-condensing		
Programmability			
Memory	N/A	32 KB Flash / 2 KB RAM	
CPU/Clock Speed	N/A	HCS08 / Up to 50.33 MHz	
Networking & Security			
Encryption	128-bit AES		
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments		
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 15 channels	
Power Requirements			
Supply Voltage	2.1 - 3.6VDC	2.7 - 3.6VDC	
Transmit Current	35 mA / 45 mA boost mode @ 3.3VDC	205 mA	220 mA
Receive Current	38 mA / 40 mA boost mode @ 3.3VDC	47 mA	62 mA
Power-Down Current	<1 uA @ 25° C	3.5 uA @ 25° C	4 uA @ 25° C
Regulatory Approvals			
FCC, IC (North America)	Yes		
ETSI (Europe)	Yes		
C-TICK (Australia)	Yes		
TELEC (Japan)	Yes	Yes (int'l unit only)	



Visit [www.digi.com](http://www.digi.com) for part numbers.

**DIGI SERVICE AND SUPPORT** - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a one-year warranty. [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support)

**Digi International**  
877-912-3444  
952-912-3444  
[info@digi.com](mailto:info@digi.com)

**Digi International**  
**France**  
+33-1-55-61-98-98  
[www.digi.fr](http://www.digi.fr)

**Digi International**  
**KK**  
+81-3-5428-0261  
[www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

**Digi International**  
**(HK) Limited**  
+852-2833-1008  
[www.digi.cn](http://www.digi.cn)

**Digi m2m Solutions**  
**India Pvt. Ltd**  
+91-80-4287-9887  
[info@digi.com](mailto:info@digi.com)



91001471  
D3/511

BUY ONLINE • [www.digi.com](http://www.digi.com)

© 2008-2011 Digi International Inc.

All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the Making Wireless M2M Easy logo, ConnectPort, XBee and XBee-PRO are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners. All information provided is subject to change without notice.



## 10.4 Datasheet sensor BH1750



### Technical Note

Ambient Light Sensor IC Series

## Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC



BH1750FVI

No.10046ECT01

#### ●Descriptions

BH1750FVI is an digital Ambient Light Sensor IC for I<sup>2</sup>C bus interface. This IC is the most suitable to obtain the ambient light data for adjusting LCD and Keypad backlight power of Mobile phone. It is possible to detect wide range at High resolution. ( 1 - 65535 lx ).

#### ●Features

- 1) I<sup>2</sup>C bus Interface ( f / s Mode Support )
- 2) Spectral responsibility is approximately human eye response
- 3) Illuminance to Digital Converter
- 4) Wide range and High resolution. ( 1 - 65535 lx )
- 5) Low Current by power down function
- 6) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function
- 7) 1.8V Logic input interface
- 8) No need any external parts
- 9) Light source dependency is little. ( ex. Incandescent Lamp. Fluorescent Lamp. Halogen Lamp. White LED. Sun Light )
- 10) It is possible to select 2 type of I<sup>2</sup>C slave-address.
- 11) Adjustable measurement result for influence of optical window  
( It is possible to detect min. 0.11 lx, max. 100000 lx by using this function. )
- 12) Small measurement variation (+/- 20%)
- 13) The influence of infrared is very small.

#### ●Applications

Mobile phone, LCD TV, NOTE PC, Portable game machine, Digital camera, Digital video camera, Car navigation, PDA, LCD display

#### ●Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limits	Units
Supply Voltage	V <sub>max</sub>	4.5	V
Operating Temperature	T <sub>opr</sub>	-40~85	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-40~100	°C
SDA Sink Current	I <sub>max</sub>	7	mA
Power Dissipation	P <sub>d</sub>	260*	mW

\* 70mm × 70mm × 1.8mm glass epoxy board. Derating in done at 3.47mW/°C for operating above Ta=25°C.

#### ●Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units
V <sub>cc</sub> Voltage	V <sub>cc</sub>	2.4	3.0	3.6	V
I <sup>2</sup> C Reference Voltage	V <sub>DVI</sub>	1.65	-	V <sub>cc</sub>	V



## BH1750FVI

## Technical Note

### ● Electrical Characteristics ( V<sub>CC</sub> = 3.0V, DVI = 3.0V, T<sub>a</sub> = 25°C, unless otherwise noted )

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Supply Current	I <sub>CC1</sub>	—	120	190	μA	E <sub>v</sub> = 100 lx ※ <sup>1</sup>
Powerdown Current	I <sub>CC2</sub>	—	0.01	1.0	μA	No input Light
Peak Wave Length	λ <sub>p</sub>	—	560	—	nm	
Measurement Accuracy	S/A	0.96	1.2	1.44	times	Sensor out / Actual lx E <sub>v</sub> = 1000 lx ※ <sup>1</sup> , ※ <sup>2</sup>
Dark ( 0 lx ) Sensor out	S <sub>0</sub>	0	0	3	count	H-Resolution Mode ※ <sup>3</sup>
H-Resolution Mode Resolution	r <sub>HR</sub>	—	1	—	lx	
L-Resolution Mode Resolution	r <sub>LR</sub>	—	4	—	lx	
H-Resolution Mode Measurement Time	t <sub>HR</sub>	—	120	180	ms	
L-Resolution Mode Measurement Time	t <sub>LR</sub>	—	16	24	ms	
Incandescent / Fluorescent Sensor out ratio	r <sub>IF</sub>	—	1	—	times	E <sub>v</sub> = 1000 lx
ADDR Input 'H' Voltage	V <sub>AH</sub>	0.7 * V <sub>CC</sub>	—	—	V	
ADDR Input 'L' Voltage	V <sub>AL</sub>	—	—	0.3 * V <sub>CC</sub>	V	
DVI Input 'L' Voltage	V <sub>DVL</sub>	—	—	0.4	V	
SCL, SDA Input 'H' Voltage 1	V <sub>IH1</sub>	0.7 * DVI	—	—	V	DVI ≥ 1.8V
SCL, SDA Input 'H' Voltage 2	V <sub>IH2</sub>	1.26	—	—	V	1.65V ≤ DVI < 1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 1	V <sub>IL1</sub>	—	—	0.3 * DVI	V	DVI ≥ 1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 2	V <sub>IL2</sub>	—	—	DVI - 1.26	V	1.65V ≤ DVI < 1.8V
SCL, SDA, ADDR Input 'H' Current	I <sub>IH</sub>	—	—	10	μA	
SCL, SDA, ADDR Input 'L' Current	I <sub>IL</sub>	—	—	10	μA	
I <sup>2</sup> C SCL Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>	—	—	400	kHz	
I <sup>2</sup> C Bus Free Time	t <sub>BUF</sub>	1.3	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C Hold Time ( repeated ) START Condition	t <sub>HSTA</sub>	0.6	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C Set up time for a Repeated START Condition	t <sub>SUSTA</sub>	0.6	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C Set up time for a Repeated STOP Condition	t <sub>SUSTD</sub>	0.6	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C Data Hold Time	t <sub>HDDAT</sub>	0	—	0.9	μs	
I <sup>2</sup> C Data Setup Time	t <sub>SUDAT</sub>	100	—	—	ns	
I <sup>2</sup> C 'L' Period of the SCL Clock	t <sub>LOW</sub>	1.3	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C 'H' Period of the SCL Clock	t <sub>HIGH</sub>	0.6	—	—	μs	
I <sup>2</sup> C SDA Output 'L' Voltage	V <sub>OL</sub>	0	—	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 3 mA

※<sup>1</sup> White LED is used as optical source.

※<sup>2</sup> Measurement Accuracy typical value is possible to change '1' by "Measurement result adjustment function".

※<sup>3</sup> Use H-resolution mode or H-resolution mode2 if dark data ( less than 10 lx ) is need.

## BH1750FVI

## Technical Note

### ●Reference Data

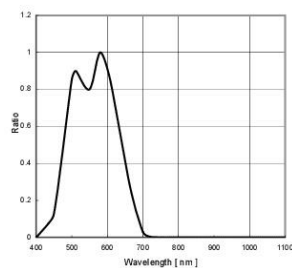


Fig.1 Spectral Response

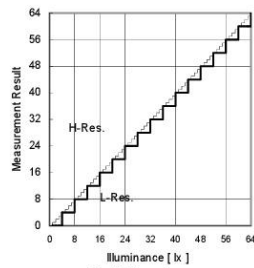


Fig.2 Illuminance - Measurement Result 1

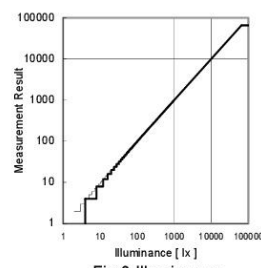


Fig.3 Illuminance - Measurement Result 2

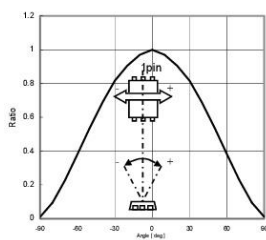


Fig.4 Directional Characteristics 1

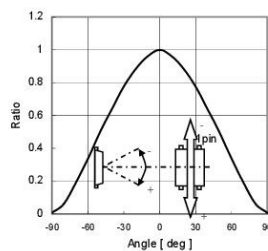


Fig.5 Directional Characteristics 2

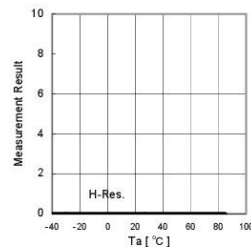


Fig.6 Dark Response

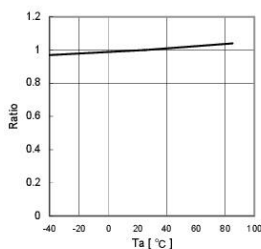


Fig.7 Measurement Accuracy Temperature Dependency

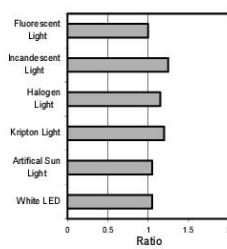


Fig.8 Light Source Dependency (Fluorescent Light is set to '1')

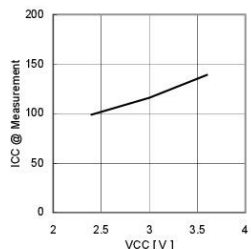


Fig.9 VCC - ICC (During measurement)

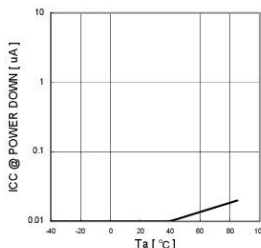


Fig.10 VCC - ICC@0 Lx (POWER DOWN)

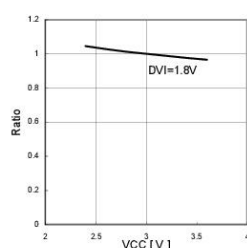


Fig.11 Measurement Result VCC Dependency

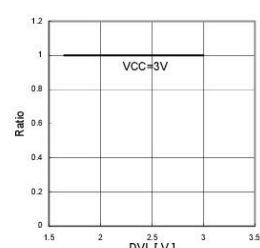
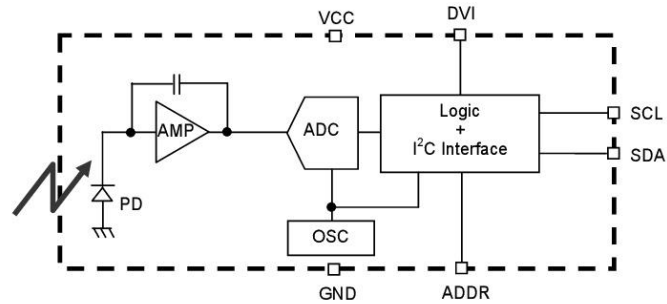


Fig.12 Measurement Result DVI Dependency

## BH1750FVI

## Technical Note

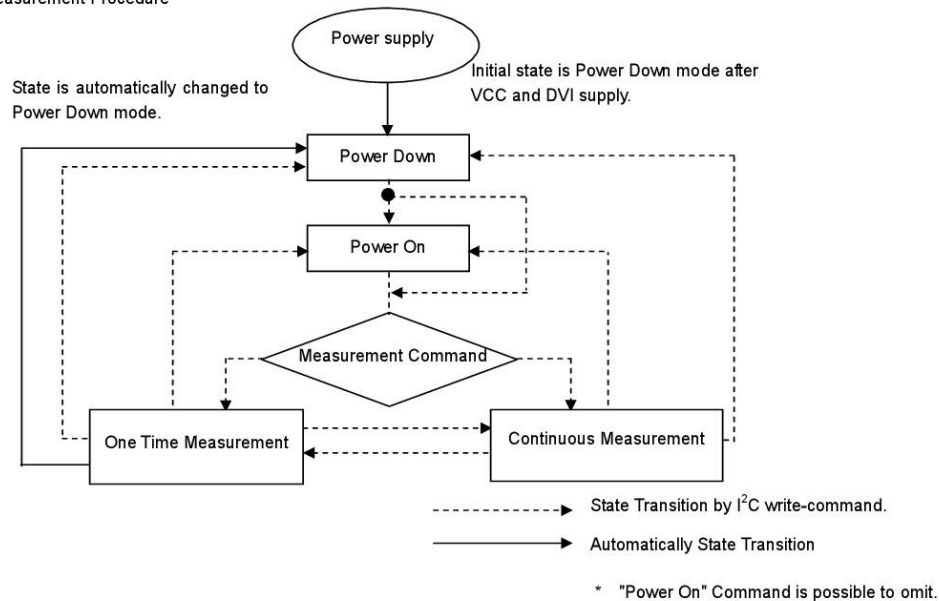
### ●Block Diagram



### ●Block Diagram Descriptions

- PD  
Photo diode with approximately human eye response.
- AMP  
Integration-OPAMP for converting from PD current to Voltage.
- ADC  
AD converter for obtainment Digital 16bit data.
- Logic + I²C Interface  
Ambient Light Calculation and I²C BUS Interface. It is including below register.  
Data Register → This is for registration of Ambient Light Data. Initial Value is "0000\_0000\_0000\_0000".  
Measurement Time Register → This is for registration of measurement time. Initial Value is "0100\_0101".
- OSC  
Internal Oscillator ( typ. 320kHz ). It is CLK for internal logic.

### ●Measurement Procedure



● Instruction Set Architecture

Instruction	Opecode	Comments
Power Down	0000_0000	No active state.
Power On	0000_0001	Waiting for measurement command.
Reset	0000_0111	Reset Data register value. Reset command is not acceptable in Power Down mode.
Continuously H-Resolution Mode	0001_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously H-Resolution Mode2	0001_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously L-Resolution Mode	0001_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms.
One Time H-Resolution Mode	0010_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time H-Resolution Mode2	0010_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time L-Resolution Mode	0010_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
Change Measurement time ( High bit )	01000_MT[7,6,5]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window."
Change Measurement time ( Low bit )	011_MT[4,3,2,1,0]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window."

※ Don't input the other opecode.

● Measurement mode explanation

Measurement Mode	Measurement Time.	Resolution
H-resolution Mode2	Typ. 120ms.	0.5 lx
H-Resolution Mode	Typ. 120ms.	1 lx.
L-Resolution Mode	Typ. 16ms.	4 lx.

We recommend to use H-Resolution Mode.

Measurement time ( integration time ) of H-Resolution Mode is so long that some kind of noise( including in 50Hz / 60Hz noise ) is rejected. And H-Resolution Mode is 1 lx resolution so that it is suitable for darkness ( less than 10 lx )  
H-resolution mode2 is also suitable to detect for darkness.

● Explanation of Asynchronous reset and Reset command "0000\_0111"

1) Asynchronous reset

All registers are reset. It is necessary on power supply sequence. Please refer "Timing chart for VCC and DVI power supply sequence" in this page. It is power down mode during DVI = 'L'.

2) Reset command

Reset command is for only reset Illuminance data register. ( reset value is '0' ) It is not necessary even power supply sequence. It is used for removing previous measurement result. This command is not working in power down mode, so that please set the power on mode before input this command.

## BH1750FVI

## Technical Note

### ● Timing chart for VCC and DVI power supply sequence

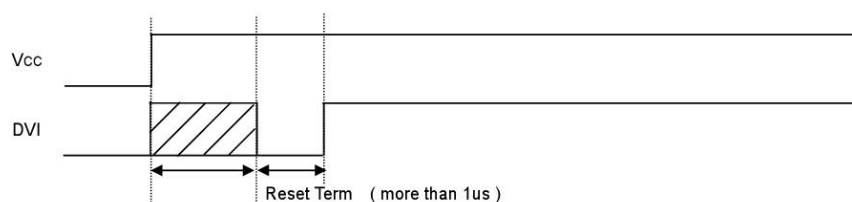
DVI is I<sup>2</sup>C bus reference voltage terminal. And it is also asynchronous reset terminal. It is necessary to set to 'L' after VCC is supplied. In DVI 'L' term, internal state is set to Power Down mode.

#### 1) Recommended Timing chart1 for VCC and DVI supply.



#### 2) Timing chart2 for VCC and DVI supply.

( If DVI rises within 1μs after VCC supply )



Don't care state

ADDR, SDA, SCL is not stable if DVI 'L' term ( 1us ) is not given by systems.

In this case, please connect the resistors ( approximately 100kOhm ) to ADDR without directly connecting to VCC or GND, because it is 3 state buffer for Internal testing.